机械设计手册



闻邦椿　主编

MACHINE DESIGN HANDBOOK

4



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械设计手册



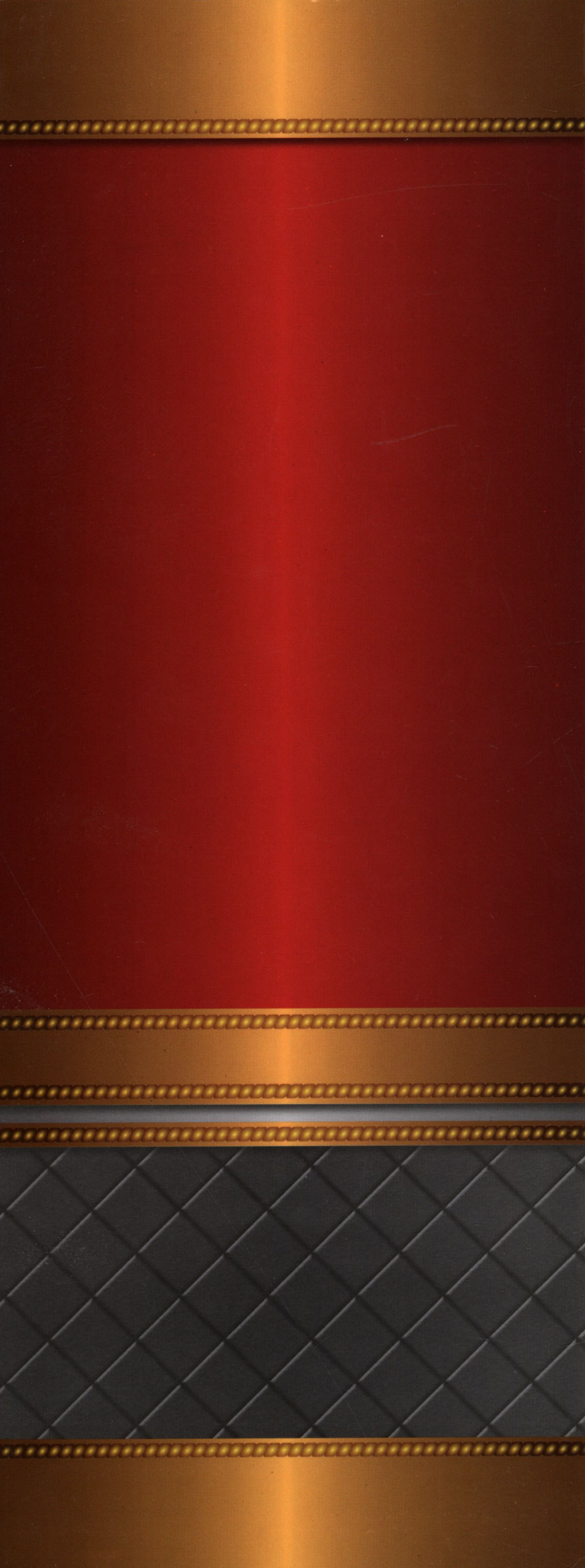


闻邦椿　主编

MACHINE DESIGN HANDBOOK

4


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



《机械设计手册》卷目

卷　次	篇　　名
第1卷 常用设计资料	1. 常用资料、常用数学公式和常用力学公式　2. 机械工程材料　3. 零部件设计常用基础标准　4. 零件结构设计工艺性
第2卷 机械零部件设计（连接、紧固与传动）	5. 连接与紧固　6. 带传动和链传动　7. 摩擦轮传动与螺旋传动　8. 齿轮传动　9. 轮系　10. 减速器和变速器　11. 机构
第3卷 机械零部件设计（轴系、支承与其他）	12. 轴　13. 滑动轴承　14. 滚动轴承　15. 联轴器、离合器与制动器　16. 弹簧　17. 起重运输机械零部件和操作件　18. 机架与箱体　19. 管道与管道附件　20. 润滑　21. 密封
第4卷 流体传动与控制	22. 液压传动与控制　23. 气压传动与控制　24. 液力传动
第5卷 机电一体化与控制技术	25. 机电一体化技术及设计　26. 机电系统控制　27. 工业机器人技术　28. 数控技术　29. 微机电系统及设计　30. 机械状态监测与故障诊断技术　31. 激光及其在机械工程中的应用　32. 电动机、电器与常用传感器
第6卷 现代设计理论与方法	33. 现代设计理论与方法综述　34. 普适设计与功能设计　35. 创新设计　36. 绿色设计与和谐设计　37. 机械系统概念设计　38. 机械系统的振动设计及噪声控制　39. 机械结构的有限元设计　40. 疲劳强度设计　41. 机械可靠性设计　42. 造型设计和人机工程　43. 摩擦学设计　44. 优化设计　45. 虚拟设计　46. 智能设计　47. 并行设计与协同设计　48. 反求设计与快速成形制造技术　49. 快速响应变型设计　50. 计算机辅助设计　51. 公理设计与质量功能展开（QFD）设计　52. 产品综合设计的理论与方法

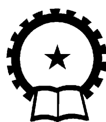
机 械 设 计 手 册

第 5 版

主　编　闻邦椿
副主编　张义民　鄂中凯　陈良玉　孙志礼
　　　　宋锦春　柳洪义　汪　恺

第 4 卷　流体传动与控制

本卷主编　宋锦春



机 械 工 业 出 版 社

本书是在前4版的基础上，吸收并总结了国内外机械工程设计领域中的新标准、新材料、新工艺、新结构、新技术，新产品、新设计理论与方法撰写而成。本书全面系统地介绍了常规设计，机电一体化与控制技术和现代设计方法及其应用等内容。具有内容先进，信息量大、取材广、规格全，实用性强，数据可靠，使用方便等特点。

全书分6卷52篇，内容有：常用设计资料，机械零部件设计（连接、紧固与传动）、机械零部件设计（轴系、支承与其他）、流体传动与控制、机电一体化及控制技术、现代设计理论与方法等。

本卷为第4卷，主要内容有：液压传动与控制、气压传动与控制、液力传动等。

本书供从事机械设计、制造、维修及有关工程技术人员作为工具书使用，也可供大专院校的有关专业师生使用和参考。

图书在版编目（CIP）数据

机械设计手册．第4卷/闻邦椿主编．—5版．—北京：机械工业出版社，2010.1（2010.4重印）

ISBN 978-7-111-29228-9

Ⅰ．机…　Ⅱ．闻…　Ⅲ．机械设计－技术手册　Ⅳ．TH122－62

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第221417号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号　邮政编码100037）
策划编辑：曲彩云　责任编辑：李建秀　封面设计：姚　毅
责任校对：陈延翔　张晓蓉　李　婷　陈立辉　刘志文
责任印制：乔　宇
北京铭成印刷有限公司印刷
2014年8月第5版第7次印刷
184mm×260mm・112.25印张・3插页・3955千字
25 001—29 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-29228-9
定价：160.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销 售 一 部：（010）68326294
销 售 二 部：（010）88379649
读者服务部：（010）68993821

网络服务
门户网：http：//www.cmpbook.com
教材网：http：//www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

第 5 版前言

人类社会正迈入知识经济时代，以知识为依托的科学技术在当今社会发展过程中正在发挥着越来越重要的作用。科学技术成果的研究与开发及其广泛应用是当今，也是未来推动经济发展和社会进步的至关重要的因素。依靠科技进步振兴装备制造业是使我国由制造大国过渡到制造强国的核心因素和关键。

发展装备制造业离不开产品的研究与开发及设计。机械产品设计正由传统设计模式向现代设计模式转变，现代设计的特点是广泛采用计算机技术，着力应用智能化设计、数字化设计、网络化设计、绿色化设计及系统化设计的综合技术。机械设计手册的编辑与出版，充分地展现了现代设计的特点，是现代设计不可缺少的工具和手段。

本版手册在科学发展观和自主创新设计的理念引领下，进行了较大篇幅的修改和补充，为我国现代机械产品自主创新设计提供了保障。例如，在手册中重点介绍了产品绿色设计、和谐设计与系统化设计，也介绍了产品的创新设计等内容，这有利于产品设计师们采用手册中介绍的内容和方法开展产品开发。

本版手册汇总了大量的原始数据和设计资料，以及在产品设计时必须采用技术标准，同时还介绍了设计中许多不可缺少的相关设计知识。因此，可以说手册是设计师们在产品设计过程中所必需的数据库和知识库，目前她已成为产品研究与开发的“利器”及其他设计器具无法取代的重要的设计工具，这不仅在现在，而且在将来也会发挥其积极的作用。

本版手册系统地叙述了机械设计各专业的主要技术内容，归纳和总结了新中国成立以来我国机械领域取得的成就和经验，不少新内容是本手册编者们研究得到的，此外，还吸取了国外的若干先进科学技术，其内容丰富，实用性强，前 4 版出版后，受到了社会各界的重视和好评，作为国家级重点科技图书和机械工程方面的最具权威的大型工具书，曾获得全国优秀图书二等奖、机电部科技进步二等奖、全国优秀科技畅销书奖，1994 曾在台湾建宏出版社出版发行，她在机械产品设计中起着十分重要的作用，目前已成为各行业，尤其是机械行业各技术部门必备的工具书。

在本版手册的修订过程中，我们努力贯彻了“科学性、先进性、实用性、可靠性”的指导思想。广泛调研了厂矿企业、设计院、科研院所、高等院校等多方面的使用情况和意见。对机械设计的基础内容、经典内容和传统内容，从取材、产品及其零部件的设计方法与计算流程、设计实例等多方面进行了深入系统的整合，同时，还全面总结了当前国内外机械设计的新理论、新方法、新材料、新工艺、新结构、新产品、新技术，特别是在产品的综合设计理论与方法、机电一体化及机械系统自动控制技术等方面作了系统和全面的论述和凝炼。相信本手册会以崭新的面貌展现在广大读者面前，她对提高我国机械产品的设计水平，推进新产品的研究与开发、老产品的改造，以及产品的引进、消化、吸收和再创新，进而促进我国由制造大国向制造强国转变，发挥其积极的作用。

本版手册分 6 卷 52 篇。第 1 卷：常用设计资料；第 2 卷：机械零部件设计（连接、紧固与传动）；第 3 卷：机械零部件设计（轴系、支承与其他）；第 4 卷：流体传动与控制；第 5 卷：

机电一体化及控制技术；第6卷：现代设计理论与方法。在撰写过程中，贯彻和采用最新技术标准和国际新标准，最大限度地充实和更新技术内容，凝炼和总结机械设计的最新成就和经验，尽力地吸取国外的先进科学技术，努力反映当代机械设计的最新水平，更好地为现代机械设计服务；在取材和选材过程中，尽量压缩对基本原理的介绍，避免在手册中出现教科书的叙述方式，特别强调要采用手册化、表格化的设计流程。删除一些可要可不要的内容，以及应用面相对较窄和尚未用于实际的研究性内容。力求使各篇章内容构成有机的整体，既要考虑到各篇的系统性，又要照顾全书的统一性，尽量避免不必要的重复；在各类零部件设计计算中，要增加结构图和应用实例。在部件设计选用中，应适当提供可选用的产品的结构及其安装尺寸、主要技术参数等，给设计和选用创造方便的条件；所有计算方法和数据都要准确、可靠、无误，重要的要注明来源；对相近标准的数据和表格尽量予以合并、采用双栏排版、摘其所要等形式予以编写，以使该手册采用较少的篇幅而编入较多的内容。

手册的第5版是在前4版的基础上，着力在以下几个方面作了修订：

一、在贯彻落实推广标准化技术方面

手册全部内容贯彻和采用了2010年1月以前颁发的最新国家标准、行业标准和相关的国际新标准，最大限度地充实和更新标准化技术的内容。本次修订为历次修订中标准更新规模最大的一次，例如：机械工程材料部分更新的标准达162个，流体传动与控制部分更新的标准有150多个。更换的标准中有许多是机械行业的重要标准，如GB/T 786.1—2009流体传动系统及元件图形符号和回路，GB/T 10095.1～2—2008圆柱齿轮精度制，GB/Z 18620.1～4—2008圆柱齿轮检验实施规范等。

二、在新的设计计算方法方面

按照GB/T 3480.1～5—1997渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法、GB/T 10300.1～3—2003锥齿轮承载能力计算方法重新构建了实用、合理的齿轮设计体系。对圆柱齿轮和锥齿轮均按照初步确定尺寸的简化计算、简化疲劳强度校核计算和一般疲劳强度校核计算编排设计计算方法，以满足不同场合不同要求的齿轮设计需求。增加了齿轮齿廓修形和齿顶修缘的内容，给出了修形计算公式和确定修形量的方法。

在滚动螺旋传动中，按最新的国家标准GB/T 17587.4～5—2008滚珠丝杠副轴向静刚度、轴向静载荷与动载荷，整理更新了滚珠丝杠传动选用和评估计算方法。

根据机构学的最新发展，考虑到近年来并联机器人和并联机床的快速发展和应用，特地另辟一章，编入并联机器人和并联机床的运动学和动力学分析、典型并联机器人和并联机床的类型和应用选型，这是在大型工具书中首次载入。增加了机构系统方案的构思与拟定并例举了典型实例，对机构设计与选用起到综合和运用的作用。

三、在新材料、新元器件、新产品等方面

在新材料方面，编入了新型工程材料——钛及钛合金，该种材料具有低密度、高熔点、高比强度、耐腐蚀性好、高低温特性好、生物相容性好、具有形状记忆特性等优点，在航空航天、海洋开发、化工、冶金、生物技术、汽车工程、食品、轻工等工业技术领域的装备制造中有重要用途。编入了有“21世纪绿色材料”之称的镁及镁合金，该种材料在轻量性、比强度、导热性、减振性、储能性、切削性、尺寸稳定性以及可回收性等方面具有独特的优点。编入了GB/T 20878—2007不锈钢和耐热钢牌号及化学成分，该标准是一个全新标准，它规定了143个

牌号的化学成分及部分牌号的物理性能参数与国内外标准牌号的对照，在各种手册中未见编入。

在新元件、新产品方面，在减速器和变速器篇中，增加了平面二次包络蜗杆减速器（GB/T 16444—2008）、新型的锥盘环盘式无级变速器、XZW型行星锥轮无级变速器，在大型工具书中首次编入了用于高档轿车的新型金属带式无级变速器，以及其他相关的设计资料。

流体传动与控制卷在内容和产品方面作了大幅度的更新，编入了液压气动领域中的最新开发的各类元器件，为流体传动与控制系统的设计、运行和维护提供全面的技术支撑。为满足不同层次用户的需要，分别引入了国内主流品牌（含台湾知名品牌HP）以及国际知名品牌的产品，如液压传动中的德国（Rexroth）、美国（Vickers）、日本（Yuken）、意大利（Atos）等品牌产品；液压控制系统中的德国（Festo）、美国（Moog、Vickers、Dowry）等品牌产品；气压传动中的德国（Fosto）、日本（SMC）等品牌产品。

编入了最新出现的具有广泛应用前景的液压元件——螺纹插装阀系列产品，增加了液压伺服油缸等相关新产品，大幅度增加了最新出现的适应性强的各类液压辅件。增加了以气流引射原理制造的真空发生器等气动系统常用的真空元器件。

四、在机电一体化设计与控制技术方面

机械技术与电子技术相结合已经成为当前装备制造业的主流和发展趋向，机电一体化是现代机械和技术的重要典型特征之一，为适应机电一体化技术的应用，本版手册对该方面的内容作了重新编排和大量充实，专辟一卷为机电一体化及控制技术等内容进行较系统和全面的叙述。

在机电一体化技术及设计篇中，以典型机电一体化产品的五大组成部分的技术要点作主线进行编写，并以产品设计为背景组织内容，并编入了多个综合性设计实例。

机器人是机电一体化特征最为显著的现代机械系统，从实用性的角度介绍了工业机器人技术中的本体、驱动、控制、传感等共性技术，结合喷涂、搬运、电焊、冲压、压铸等工艺，介绍了机器人的典型应用。另外对视觉机器人、智能机器人等作了实用性的介绍。

微机电系统（MEMS）是20世纪80年代中后期出现的微电子技术与机械技术及生物、物理、化学等学科相交叉的一种新技术，它不仅是机械学科发展的前沿方向之一，也逐渐形成了产业。顺应高新技术发展潮流，设专篇撰写微机电系统，这在大型工具书中尚属首次。本篇重点编入了MEMS制造技术和设计技术。

激光加工目前已经成为一种有效的重要先进制造技术。手册以激光加工技术的最新成果为素材，编写了各种激光加工的原理、工艺及其应用，其中包括在打孔、切割、焊接、淬火、熔覆与合金化中的应用和激光加工中的安全防护等。

同时，对机电系统控制、数控技术、机械状态监测与故障诊断技术和电动机、电器与常用传感器等内容，简化原理、突出应用、扩充实例、引用最新成果作了编写。

五、在凝炼和推广现代设计理论与方法方面

针对现代机械产品设计的新方法和新技术存在的多样性和复杂性问题，本版手册以现代机械产品设计的总目标和建立其设计方法新体系为主旨，从先进性、系统性和实用性的角度，对产品的设计理论与方法作了系统总结和介绍。本版手册按新的分类共编入了21种现代设计方法，可以说是集现代设计方法之大全。

在“现代设计理论与方法综述”篇中，介绍了机械及机械制造技术发展总趋势，国际上有影响的主要设计理论与方法，产品研究和开发的一般过程和关键问题，现代设计理论的发展和根据不同的设计目标对设计理论与方法的选用。首次采用系统工程的方法对产品设计理论与方法做了分类，克服了目前对产品设计理论与方法的叙述缺乏系统性的不足。

创新设计是现代机电产品提高竞争力的重要技术和方法。该篇在概要介绍创新设计的基本理论、创新思维、创新技法的基础上，基于国际上著名的发明问题解决理论（TRIZ）就情景分析、理想设计、创新设计中的技术进化和技术预测、冲突以及冲突解决原理、物质—场模型方法等介绍了创新设计的系统化方法。介绍了 29 种创新思维方法，30 种创新技术，40 条发明创造原理，并通过大量应用实例开拓创新设计思路。

绿色设计是实现低资源消耗、低环境影响、低碳经济的重要技术手段。该篇系统地论述绿色设计的概念、理论、方法及其关键技术。结合编者多年的研究实践，并参考了大量的国内外文献及其最新研究成果，通过介绍绿色设计的概念、材料选择、拆卸回收产品设计、包装设计、节能设计和绿色设计体系及评价方法，对绿色设计进行系统、简明的论述，并给出了绿色设计在上述几个方面的典型案例。这是在工具书中首次全面和系统地论述绿色设计，为推动工程绿色设计的普遍实施具有指引作用。

本版手册对机械系统的振动设计及噪声控制、机械结构有限元设计、疲劳强度设计、可靠性设计、优化设计、计算机辅助设计等比较成熟的现代设计方法和技术，本着简明化、实用化的原则，做了全面修订和充实，吸收了最新研究成果，增加了系列应用实例。例如，机械系统的振动设计及噪声控制中，增加了非线性系统中的等效线性化和多尺度法；机械可靠性设计篇编入了机构运动可靠性设计理论和方法、可靠性灵敏度分析方法等最新成果；在机械优化设计篇中，增加了模糊优化设计等新内容。

另外，对机械系统概念设计、虚拟设计、智能设计、并行设计与协同设计、反求设计、快速反应设计、公理设计和质量功能展开（QFD）设计、和谐设计等设计领域的前沿方法分别作了实用化介绍，以进一步拓展设计思路。

在本版手册最后一篇，系统介绍了现代机电产品的综合设计方法。该方法是一种基于系统工程的产品深层次的综合设计理论和方法。它以产品功能设计、性能设计和产品质量检验和评估为基本目标，将产品设计过程分为准备阶段、规划阶段、实施阶段和设计质量检验阶段等四个阶段，以准备阶段的 3I 调研、规划阶段的 7D 规划、实施阶段的深层次 1 + 3 + X 综合设计和设计质量检验阶段的 3A 检验为基本要点构成综合设计法的完整技术体系。本版手册首次对该设计法作了系统论述，并给出了大型综合应用实例。

在本版手册编写中，为便于协调，提高质量，加快编写进度，编审人员以东北大学的教师为主，并组织邀请清华大学、上海交通大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、天津大学、华中科技大学、西安交通大学、大连理工大学、东南大学、同济大学、重庆大学、上海大学、合肥工业大学、大连交通大学、苏州大学、西安建筑科技大学、沈阳工业大学、沈阳理工大学、重庆理工大学、机械科学研究总院、中国科学院沈阳自动化研究所、中国科学院长春精密机械及物理研究所、合肥通用机械研究院、沈阳液压件制造有限公司、大连液力传动机械厂、天津工程机械研究所等单位的专家、学者参加。

在本手册第 5 版出版之际，向著名机械学家、本手册创始人、历次版本的主编徐灏教授致

以崇高的敬意，向历次版本副主编邱宣怀教授、蔡春源教授、严隽琪教授、林忠钦教授、余俊教授、汪恺总工程师、周士昌教授表示崇高的敬意，向参加本手册历次版本的编写单位和人员表示衷心感谢，向在手册编写、出版过程中给予大力支持的单位和社会各界朋友们表示衷心感谢，特别感谢机械科学研究总院、郑州机械研究所、沈阳铝镁设计研究院、北方重工集团沈阳重型机械集团有限责任公司和沈阳矿山机械集团有限责任公司、沈阳机床集团有限责任公司、沈阳鼓风机集团有限责任公司及国家标准馆沈阳分馆等单位的大力支持。

由于水平有限，手册难免有一些不尽人意之处，殷切希望广大读者批评指正。

主编　闻邦椿

第 4 版前言

《机械设计手册》自出版以来，在机械设计实践中发挥了重要的基础性作用，先后荣获全国优秀科技图书二等奖、机械电子工业部科技进步二等奖，是全国优秀科技畅销书，在社会上有较高的知名度，影响广泛，深得广大工程技术人员的厚爱。

机械设计是机械工业的基础技术。科技成果要转化为有竞争力的新产品，设计起着关键性作用。设计工作的质量和水平，直接关系到产品质量、性能和技术经济效益。特别是在产品创新和创造方面，工业发达国家都极为重视机械设计工作，不断地研制出适应市场需要的机电产品。近几年来，由于科学技术不断发展，加之我国加入世贸组织以后国际技术交流更直接、便捷，使我国在机械设计领域有了长足的进步，取得了丰硕的成果，发现了许多新材料、新的设计理念和设计方法，这些都需要我们及时归纳总结，全面准确地提供给广大读者。为使《机械设计手册》紧跟时代步伐，满足广大读者需要，我们组织了这次《机械设计手册》的新版修订工作。

这次修订，根据广大工程技术人员实际需要和阅读习惯，在保持手册先进性、系统性的前提下，我们调整了卷、篇、章的框架结构，重新编排，并补充了机械设计应用方面的内容。更加突出实用便查，让技术人员感到既有很多成熟使用的现代设计方法，又能更方便、快捷地查到所需内容。

这次修订取材仍根据基本、常用、关键、发展的原则，强调准确性。我们认真细致地对各种数据、图表等进行分析、核对和验证，对一些局部性的技术经验和测试结果，为了做到准确、可靠，作者亲自南下北上，取得第一手试验数据资料，以确定选取范围，做到了精益求精。对国外资料，以常用和新材料为主，主要从选用角度编写，重点介绍材料的技术参数、性能特点、适用范围和应用技术等，为如何正确选择和合理使用提供依据，以发挥其最佳性能和经济效果，这些都是作者经过长期生产实践积累的宝贵资料。本书数据、资料全部来自国家最新标准、规范和其他权威机构，设计方法、公式选择、参数选取原则均经过长期实践检验，典型结构设计、计算实例均来自工程实践。为了突出反映先进性，增加了许多适合我国国情的新材料、新方法、新技术、新工艺，广泛收集具有先进水平的新产品。

重点修订内容：

（1）更换补充新标准

书中所涉及的标准均采用现行国际、国家及行业最新标准，这对提高我国机械设计标准化水平，促进机械产品走向世界都将起到促进作用。同时，对一些新旧标准过渡有难点的内容做了详细指导，如渐开线圆柱齿轮部分引入最新国家标准 GB/T 10095. 1 ~2—2001 渐开线圆柱齿轮精度和 GB/Z 18620. 1 ~4—2002 圆柱齿轮检验实施规范；考虑到新旧标准应用的过渡期，保留了渐开线圆柱齿轮精度标准 GB/T 100095—1988 的相关内容，给出了新旧标准精度对照表及旧标准向新标准的转化方法，同时给出了新旧标准标注的齿轮工作图示例，以方便读者使用。

锥齿轮强度计算采用最新颁布的国家标准 GB/T 10062. 1 ~3—2003，为便于采用新标准，

增加了强度计算用到的锥齿轮的端面当量齿轮和法面当量齿轮参数计算公式，给出了用新标准计算的两个锥齿轮传动设计算例。把现有国内资料中关于锥齿轮几何设计中的“参考点”改为“基准点”，以忠实原意。

在轴承中增加了 2004 年 6 月发布的滚动轴承代号方法的补充规定，以作为轴承标准的补充内容。

（2）增加新材料、新结构

由于新材料、新结构不断出现，故在这次修订中，均适当纳入新内容，更换老内容，使手册更新、更适用。

如由于工程塑料和复合材料的力学性能有了很大的提高，又具有价廉、防腐、防锈蚀等一系列优点，故其应用发展很快，我们加强了这方面的介绍，书中还大量增加了新的结构类型和应用实例。

在轴承部分增加了带座外球面轴承、专用轴承、直线运动滚动支撑、关节轴承，以及国外轴承、钢球、钢种、润滑油等的代号和国内外对照表。

（3）介绍新产品，删掉淘汰产品

机械设计中经常选用的一些基础产品发生了很大的变化，现在产品的分类、代号方法、设计计算等内容完全与国际接轨，与老产品相比完全不同。对于这些内容，我们必须加以修正，以适应我国机械产品进入国际市场的需要。因而，我们删掉了部分淘汰产品内容，并将国内主要厂家新开发推出的具有较大影响的新产品进行了补充，并适当增加了国内选用较多的国外产品，如为适应目前国内市场上进口液压、液力、气动元器件所占份额逐渐增大的现状，特增加了大篇幅的内容，主要推出世界著名的几大品牌应用较广泛的产品，以满足专业技术人员的需要。

近年来我国出现的新的减速器或形成了新标准的减速器，都在不断地向国外的新技术看齐，也收入本手册中供大家参考。此外，还及时引入了国外的产品，如 SEW 和 PIV 的产品，一则是为了向国际靠拢（接轨），二则是让设计人员方便选用国外知名公司的适用产品。

（4）增加了反映现代科技的新内容

在“机械振动的控制”一章内，不仅填补了对冲击、对随机振动的隔离等国内外空白内容，还重点增加了利用振动信号的测量、分析、反馈及跟踪等先进技术，进行最优控制、自适应控制、预测控制、模糊控制等振动的主动控制的新内容。增加了“振动的利用”一章，使读者不仅能查到对有害振动进行控制的内容，还能查到振动的有益内容，包括振动利用的方法、步骤、设计与计算，利用振动原理工作的各类机械。

为适应现代机械设计的要求，增加了“模态分析与参数识别”一章。在机械设计中应用此章的内容，能对机械给定的动力特性，识别出机械应有的物理参数，或者已知机械的物理参数，识别出其动力特性。还能识别出很难准确计算和直接测量的机械动载荷，更能在机械运行时“在线”识别其动态特性。这些都将提高机械动态优化设计的功能与效率。

（5）充实增加了现代设计方法的应用技术

近年来，机械设计的理论和方法在国内外取得了很大的发展，我国设计人员要在产品设计方面赶超国际水平，必须掌握先进的设计理论和方法。由于机械设计涉及面广，即使是经验丰富的设计师，也难以及时、全面地掌握这些理论与方法，所以本书重点介绍了当今发达工业国

家流行的成熟的设计理论与方法，增强广大工程技术人员的创新意识和能力。如通过对有限元设计、创新设计、虚拟设计、优化设计、并行设计、智能设计、机电一体化设计及其相应工具软件等内容的详细阐述，使得工程技术人员在日常设计工作中融入现代设计的理论与方法，并注重相应流行软件的应用，达到提高设计水平和设计效率的目的。如有限元设计部分，详细介绍将“有限元设计”如何应用于实际设计工作之中，以适应国际流行的针对重大机电产品（包括新产品）研发及销售过程中需配备有限元分析软件的需要。又如为加强环保，进行绿色设计，生产绿色产品，在世界各国均受到普遍欢迎，工业发达国家更是十分重视环保这方面的工作，所以本手册也介绍了如何实施机电产品的绿色设计。所有这些内容，都是现代设计工作者必不可少的最新的必备知识，而其他同类工具书却极少涉及这些内容。

可靠性、优化、疲劳强度、摩擦学等理论的新发展，可以为机械设计人员提供当代的先进资料，其中有些是最新的研究成果。设计人员可以较方便地找到自己需要的方法或解决问题的线索，并为进一步深入开展工作打下良好的基础。

本书作者都是具有丰富的设计知识和技能，具有出色的机械设计实践和研究经验的本学科知名学者和机械设计专家，他们统观全局、采实撷精、为本书修订奠定了可靠的保证。

机械设计手册编委会

目　录

第 22 篇　液压传动与控制

第 1 章　常用液压基础标准

第 2 章　液压流体力学基础

第 3 章　液压基本回路

第4章 液压传动系统设计计算

第5章 液 压 泵

第6章　液压执行元件

第7章 液压控制阀

第8章 液 压 辅 件

第 9 章　液压泵站、油箱、管路及管件

第 10 章　液 压 介 质

第11章　液压伺服控制

第12章　电液比例控制

第13章　液压系统的安装、调试与故障诊断

第 23 篇 气压传动与控制

第 1 章 常用气动基础标准

第2章　气压传动的特点和气体力学基础

第3章　气源装置及气动辅助元件

第4章 气动执行元件

第 5 章　气动控制阀

第 6 章　气动控制系统

第 7 章　气动真空元件

第 8 章 气动系统的设计计算

第 9 章 气动系统的维护与故障处理

第 24 篇 液 力 传 动

第 1 章 概　　述

第 2 章　液力偶合器

第3章 液力变矩器

第4章 液力机械变矩器

第 22 篇　液压传动与控制

主　　编　宋锦春

副 主 编　曹鑫铭　徐学新　周恩涛

参编人员　宋锦春　曹鑫铭　徐学新　周恩涛
从恒斌　陈建文　张福波　韩学军
王长周　林君哲　周　娜　方　勇
郎　霄

审稿人员　鄂中凯　宋锦春　周恩涛　徐学新　从恒斌

第　4　版

液压传动与控制

主　编　周士昌

副主编　曹鑫铭　徐学新　周恩涛

编写人　周士昌　曹鑫铭　徐学新　周恩涛

赵蕤堪　陈建文　林真真　张　伟

邱　晔　梁　旭　任凤君　张煜伟

第 1 章　常用液压基础标准

1　液压图形符号

1.1　流体传动系统及元件图形符号（摘自 GB/T 786.1—2009/ISO1219—1:2006）

其规定见表 22.1-1。

表 22.1-1　流体传动系统及元件图形符号

符号要素

名　称	符　号	用途或符号解释
实线	0.1*M*	工作管路 控制供给管路 回油管路 元件图形符号框线
虚线	0.1*M*	控制管路 泄油管路或放气管路 过滤器 过渡位置
点画线	0.1*M*	组合元件框线
双线	1*M* 9*M*	活塞杆
大圆	6*M*	一般能量转换元件（泵、马达、压缩机）
中圆	4*M*	测量、控制仪表（步进电机）
小圆	1*M*	单向元件 旋转接头 机械铰链滚轮
圆点	0.75*M*	管路的连接点

名　称	符　号	用途或符号解释
半圆	3*M* 6*M*	限定旋转角度的摆动马达或泵
正方形	4*M* 4*M*	阀控制元件 除电动机外的原动机
	4*M* 4*M*	流体处理器件（过滤器、分离器、油雾器和热交换器等）
	2*M* 2*M*	蓄能器重锤 控制方法框线
长方形	9*M* 4*M*	缸
	2*M* 4*M*	活塞

（续）

符 号 要 素

名称	符号	用途或符号解释	名称	符号	用途或符号解释
长方形		控制方法框线	半矩形		表示回到油箱（主油箱可按比例放大）
		执行器中缸的缓冲	囊形		压力油箱 气罐 蓄能器 辅助气瓶

功 能 要 素

名称		符号	用途或符号解释
正三角形	实心正三角形		液压力作用方向
	空心正三角形		气动力作用方向 注：包括排气
直箭头			直线运动、流体流过阀的通路和方向
长斜箭头			可调性符号（可调节的泵、弹簧、电磁铁等）
弧线箭头			旋转运动方向指示
其他			电气符号

名称	符号	用途或符号解释
其他		封闭油、气路或油、气口
		流过阀的路径和方向
		温度指示或温度控制
		M 表示马达
		控制元件：弹簧
		节流通道
		单向阀简化符号的阀座
		流过阀的路径和方向

（续）

液压泵、液压马达和液压缸							
名　　称		符　　号	用途或符号解释	名　　称		符　　号	用途或符号解释
液压泵	液压泵		一般符号	液压马达	摆动马达		双向摆动，定角度
	单向定量液压泵		单向旋转、单向流动、定排量	泵马达	定量液压泵一马达		单向流动，单向旋转，定排量
	双向定量液压泵		双向旋转，双向流动，定排量		变量液压泵一马达		双向流动，双向旋转，变排量，外部泄油
	单向变量液压泵		单向旋转，单向流动，变排量		液压整体式传动装置		单向旋转，变排量泵，定排量马达
	双向变量液压泵		双向旋转，双向流动，变排量				
液压马达	液压马达		一般符号	单作用缸	单活塞杆液压缸		详细符号
	单向定量液压马达		单向流动，单向旋转		单活塞杆液压缸（带弹簧复位）		详细符号
	双向定量液压马达		双向流动，双向旋转，定排量		柱塞缸		
	单向变量液压马达		单向流动，单向旋转，变排量		伸缩缸		
	双向变量液压马达		双向流动，双向旋转，变排量				

（续）

液压泵、液压马达和液压缸

名　　称		符　　号	用途或符号解释
双作用缸	单活塞杆缸		详细符号
	双活塞杆缸		详细符号
	不可调单向缓冲缸		详细符号
	可调单向缓冲缸		详细符号
	不可调双向缓冲缸		详细符号
	可调双向缓冲缸		详细符号

名　　称		符　　号	用途或符号解释
双作用缸	伸缩缸		
压力转换器	气-液转换器		单程作用
			连续作用
	增压器	P1 P2	单程作用 P2 > P1
		P1 P2	连续作用 P2 > P1
蓄能器	囊式		一般符号
	活塞式		
	重锤式		
	弹簧式		
辅助气瓶			
气罐			

（续）

液压泵、液压马达和液压缸							
名　称		符　号	用途或符号解释	名　称		符　号	用途或符号解释
动力源	液压源		一般符号	动力源	电动机	M	
	气压源		一般符号		原动机	M	电动机除外

控制机构和控制方法							
名　称		符　号	用途或符号解释	名　称		符　号	用途或符号解释
机械控制件	杆		箭头可省略	人力控制	手动控制		一般符号
	旋转运动的轴		箭头可省略		按钮式		
	定位装置				拉钮式		
	锁定装置	*	＊为开锁的控制方法，符号表示在矩形内		按-拉式		
	弹跳机构				手柄式		
机械控制	顶杆式				踏板式		单方向控制
	可变行程控制式				双向踏板式		双方向控制
	弹簧控制式			直接压力控制	加压或卸压控制		
	滚轮式		两个方向操作		差动控制	2　1	
	单向滚轮式		仅在一个方向上操作，箭头可省略		内部压力控制	45°	控制通路在元件内部
					外部压力控制		控制通路在元件外部

（续）

控制机构和控制方法

名　称		符　号	用途或符号解释
先导压力控制	液压先导控制		内部压力控制
	液压先导控制		外部压力控制
	液压二级先导控制		内部压力控制，内部泄油
	气-液先导控制		气压外部控制，液压内部控制，外部泄油
	电-液先导控制		液压外部控制，内部泄油
	液压先导控制		内部压力控制，内部泄油
			外部压力控制(带遥控泄放口)
	电-液先导控制		电磁铁控制、外部压力控制，外部泄油
	先导型压力控制阀		带压力调节弹簧，外部泄油，带遥控泄放口
	先导型比例电磁式压力控制阀		先导级由比例电磁铁控制，外部泄油

名　称		符　号	用途或符号解释
电气控制	单作用电磁铁		电气引线可省略，斜线也可向右下方
	双作用电磁铁		
	单作用可调电磁操纵（比例电磁铁，力矩马达等）		
	双作用可调电磁操纵（力矩马达）		
	旋转运动电气控制装置		一般指步电机控制
反馈控制	反馈		一般符号
	电反馈		电位器、差动变压器等位置检测器
	机械反馈		随动阀仿形控制回路

压力控制阀

名　称		符　号	用途或符号解释
溢流阀	溢流阀		一般符号或直动型溢流阀
	先导型溢流阀		

名　称		符　号	用途或符号解释
溢流阀	先导型电磁溢流阀		常闭
	直动式比例溢流阀		

（续）

压力控制阀

名称		符号	用途或符号解释
溢流阀	先导比例溢流阀		
	卸荷溢流阀		$p_2 > p_1$ 时卸荷
	双向溢流阀		直动型，外部泄油
减压阀	减压阀		一般符号或直动型减压阀
	先导型减压阀		
	溢流减压阀		
	先导型比例电磁式溢流减压阀		
	定比减压阀		减压比 1/3

名称		符号	用途或符号解释
减压阀	定差减压阀		
顺序阀	顺序阀		一般符号或直动型顺序阀
	先导型顺序阀		
	平衡阀（单向顺序阀）		
卸荷阀	卸荷阀		一般符号或直动型卸荷阀
	先导型电磁卸荷阀		$p_1 > p_2$
制动阀	制动阀		
	溢流油桥制动阀		

方向控制阀

名称	符号	用途或符号解释
单向阀		简化符号（弹簧可省略）

名称	符号	用途或符号解释
液控单向阀		简化符号（弹簧可省略）

（续）

方向控制阀

名　称		符　号	用途或符号解释
液控单向阀	双液控单向阀（液压锁）		
梭阀	或门型		详细符号
			简化符号
换向阀	二位二通电磁阀		常断
			常通
	二位三通电磁球阀		
	二位三通电磁球阀		
	二位四通电磁阀		
	二位五通液动阀		
	二位四通机动阀		
换向阀	三位四通电磁阀		
	三位四通电液阀		简化符号（内控外泄）
	三位六通手动阀		
	三位五通电磁阀		
	三位四通电液阀		外控内泄（带手动应急控制装置）
	三位四通比例阀		节流型，中位正遮盖
	三位四通比例阀		中位负遮盖
	二位四通比例阀		
	四通伺服阀		
	四通电液伺服阀		二级
			带电反馈三级

（续）

流量控制阀

名　称		符　号	用途或符号解释	名　称		符　号	用途或符号解释
节流阀	可调节流阀		详细符号	调速阀	旁通型调速阀		简化符号
			简化符号		温度补偿型调速阀		简化符号
	不可调节流阀		一般符号		单向调速阀		简化符号
	单向节流阀			同步阀	分流阀		
	双单向节流阀				单向分流阀		
	截止阀				集流阀		
	滚轮控制节流阀（减速阀）				分流集流阀		
调速阀			详细符号				
			简化符号				

油　箱

名　称		符　号	用途或符号解释	名　称		符　号	用途或符号解释
通大气式	管端在液面以上			油箱	管端连接在油箱底部		
					局部泄油或回油		
	管端在液面以下		带空气过滤器	加压油箱或密闭油箱			三条管路

（续）

流体调节器

名　　称		符　　号	用途或符号解释
过滤器	过滤器		一般符号
过滤器	带污染指示器的过滤器		
过滤器	磁性过滤器		
过滤器	带旁通阀的过滤器		
过滤器	双筒过滤器	P2　P1	P1：进油 P2：回油

名　　称		符　　号	用途或符号解释
空气过滤器			油箱通气过滤器
温度调节器			
热交换器	冷却器		一般符号
热交换器	带冷却剂管路的冷却器		
热交换器	加热器		一般符号

检测器、指示器

名　　称		符　　号	用途或符号解释
压力检测器	压力指示器		
压力检测器	压力计（表）		
压力检测器	电接点压力表（压力显控器）		
压力检测器	压差计		
液面计（液位计）			

名　　称		符　　号	用途或符号解释
流量检测器	检流计（液流指示器）		
流量检测器	流量计		
流量检测器	累计流量计		
温度计			
转速仪			
转矩仪			

（续）

其他辅助元器件							
名　称		符　号	用途或符号解释	名　称		符　号	用途或符号解释
压力继电器（压力开关）			可调节的机械电子压力继电器	压差开关			
			压力开关	传感器	传感器		一般符号
行程开关			详细符号		压力传感器		
			一般符号		温度传感器		
联轴器	联轴器		一般符号	放大器			
	弹性联轴器						

管路、管路连接口和接头							
名　称		符　号	用途或符号解释	名　称		符　号	用途或符号解释
管路	管路		压力管路、回油管路	快换接头	不带单向阀快换接头		
	连接管路		两管路相交连接		带单向阀快换接头		
	控制管路		表示泄油管路、或表示控制油管路	旋转接头	单通路旋转接头		
	交叉管路		两管路交叉不连接		三通路旋转接头		
	柔性管路						
	单向放气装置（测压接头）						

1.2　液压图形符号绘制规则(见表22.1-2、表22.1-3)

表22.1-2　控制机构符号绘制规则

符号种类	符号绘制规则	示　　例
能量控制和调节元件符号	能量控制和调节元件符号由一个长方形(包括正方形,下同)或相互邻接的几个长方形构成	
	流动通路、连接点、单向及节流等功能符号，除另有规定者外，均绘制在相应的主符号中	流路 节流功能 连接点
	外部连接口，如图所示，以一定间隔与长方形相交，两通阀的外部连接口绘制在长方形中间	2M 2M 4M 2M 1M 1M 2M 2M 1M 1M
	泄油管路符号绘制在长方形的顶角处如图所示 注：旋转型能量转换元件的泄油管路符号绘制在与主管路符号成45°的方向，和主符号相交	
	过渡位置的绘制，如图所示，把相邻动作位置的长方形拉开，其间上下边框用虚线	
	具有数个不同动作位置及节流程度连续变化的过渡位置的阀，如图所示，在长方形上下外侧画上平行线来表示 为便于绘制，具有两个不同动作位置的阀，可用简化符号表示。其间，表示流动方向的箭头应绘制在符号中	
单一控制机构符号	阀的控制机构符号可以绘制在长方形端部的任意位置上	
	表示可调节元件的可调节箭头可以延长或转折，与控制机构符号相连	
	双向控制的控制机构符号，原则上只需绘制一个，见图a 在双作用电磁铁控制符号中，当必须表示电信号和阀位置关系时，不采用双作用电磁铁符号(图b)，而采用两个单作用电磁铁符号(图c)	a b a b a)　b)　c)

（续）

符号种类	符号绘制规则	示　　例
复合控制机构符号	单一控制方向的控制符号绘制在被控制符号要素的邻接处	
	三位或三位以上阀的中间位置控制符号绘制在该长方形内边框线向上或向下的延长线上，如图所示	
	在不被误解时，三位阀的中间位置的控制符号也可以绘制在长方形的端线上，如图示	
	压力对中时，可以将功能要素的正三角形绘制在长方形端线上，如图所示	
	先导控制（间接压力控制）元件中的内部控制管路和内部泄油管路，在简化符号中通常可省略，如图所示	
	先导控制（间接压力控制）元件中的单一外部控制管路和外部泄油管路仅绘制在简化符号的一端。任何附加的控制管路和泄油管路绘制在另一端。元件符号，必须绘制出所有的外部连接口，如图所示	
	选择控制的控制符号并列绘制，必要时，也可以绘制在相应长方形边框线的延长线上，如图所示	
	顺序控制的控制符号按顺序依次排列，如图所示	

名　　称	详 细 符 号	简 化 符 号
二通阀（常闭可变节流）		
二通阀（常开可变节流）		
三通阀（常开可变节流）		

表 22.1-3　旋转式能量转换元件的标注规则与符号示例

名　　称	标 注 规 则
旋转方向	旋转方向用从功率输入指向功率输出的围绕主符号的同心箭头表示 双向旋转的元件仅需标注其中一个旋转方向，通轴式元件应选定一端
泵的旋转方向	泵的旋转方向用从传动轴指向输出管路的箭头表示
马达的旋转方向	马达的旋转方向用从输入管路指向传动轴的箭头表示
泵-马达的旋转方向	泵-马达的旋转方向的规定与“泵的旋转方向”的规定相同

（续）

名　　称	标 注 规 则
控制位置	控制位置用位置指示线及其上的标注来表示
控制位置指示线	控制位置指示线为垂直于可调节箭头的一根直线，其交点即为元件的静止位置
控制位置标注	控制位置标注用 M、ϕ、N 表示。ϕ 表示零排量位置；M 和 N 表示最大排量的极限控制位置，见右图
旋转方向和控制位置关系	旋转方向和控制位置关系必须表示时，控制位置的标注表示在同心箭头的顶端附近两个旋转方向的控制特性不同时，在旋转方向的箭头顶端附近分别表示出不同特性的标注

	名　　称	符　　号	说　　明
符号示例	定量液压马达		单向旋转，不指示和流动方向有关的旋转方向箭头
	定量液压泵或马达	（1）可逆式旋转泵	双向旋转，双出轴，输入轴左向旋转时，B 口为输出口 B 口为输入口时，输出轴左向旋转
	变量液压马达		双向旋转 B 口为输入口时，输出轴左向旋转
	定量液压泵或马达	（2）可逆式旋转马达	双向旋转，双出轴，输入轴左向旋转时，B 口为输出口 B 口为输入口时，输出轴左向旋转
	变量液压泵		单向旋转 不指示和流动方向有关的箭头
	定量液压泵-马达		双向旋转 泵工作时，输入轴右向旋转，A 口为输出口
	变量液压泵		单向旋转 向控制位置 N 方向操作时，A 口为输出口
	变量液压泵或液压马达　可逆式旋转液压泵		双向旋转 输入轴右向旋转，A 口为输出口，变量机构在控制位置 M 处
	变量液压泵或液压马达　可逆式旋转液压马达		A 口为入口时，输出轴向左旋转，变量机构在控制位置 N 处

（续）

	名称	符号	说明
符号示例	变量液压泵-马达	B A MΦ	双向旋转 泵功能时，输入轴右向旋转，B 口为输出口
	变量液压泵-马达	B A M MΦN	单向旋转 泵功能时，输入轴右向旋转，A 口为输出口，变量机构在控制位置 M 处
	变量可逆式旋转泵-马达	B A N MΦN	双向旋转 泵功能时，输入轴右向旋转，A 口为输出口，变量机构在控制位置 N 处
	定量/变量可逆式旋转泵	M_{max} B A $0\sim M_{max}$ MΦ	双向旋转 输入轴右向旋转时，A 口为输出口，为变量液压泵功能。左向旋转时，为最大排量的定量泵

2 常用液压标准

2.1 流体传动系统及元件的公称压力系列（GB/T 2346—2003）（见表 22.1-4）

表 22.1-4 流体传动系统及元件的公称压力系列 （MPa）

0.010	0.016	0.025	0.040	0.063	0.10	0.16	(0.20)	0.25	0.40	0.63	(0.80)	1.0	1.6	2.5
4.0	6.3	(8.0)	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0	50.0	63.0	80.0	100	

注：1. 括号内公称排量值为非优先用值。
2. 超出本系列 100MPa 时，应按 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》中 R10 数系选用。

2.2 液压泵及马达公称排量系列（GB/T 2347—1980）（见表 22.1-5）

表 22.1-5 液压泵及马达公称排量系列 （$mL\cdot r^{-1}$）

0.1	0.16	0.25	0.4	0.63	1.0	1.25	1.6	2.0	2.5	3.15
4.0	5.0	6.3	8.0	10	12.5	(14)	16	(18)	20	(22.4)
25	(28)	31.5	(35.5)	40	(45)	50	(56)	63	(71)	80
(90)	100	(112)	125	(140)	160	(180)	200	(224)	250	(280)
315	(355)	400	(450)	500	(560)	630	(710)	800	(900)	1000
(1120)	1250	(1400)	1600	(1800)	2000	(2240)	2500	(2800)	3150	(3550)
4000	(4500)	5000	(5600)	6300	(7100)	8000	(9000)	—	—	—

注：1. 括号内公称排量值为非优先用值。
2. 超出本系列 9000mL/r 时，公称排量应按 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》中 R10 数系选用。

2.3 液压油口螺纹连接系列（GB/T 2878—1993）（见表 22.1-6）

表 22.1-6 液压油口螺纹连接系列

M5×0.8	M8×1	M10×1	M12×1.5	M14×1.5	M16×1.5	M18×1.5
M20×1.5	M22×1.5	M27×2	M33×2	M42×2	M50×2	M60×2

2.4 液压系统用硬管外径系列和软管内径系列(摘自 GB/T 2351—2005)(见表 22.1-7、8)

表 22.1-7 硬管外径系列 (mm)

4	5	6	8	10	12	14①	15	16	18	20
22	25	28	30	32	34①	35	38	40①	42	50

① 不适用于新设计。

表 22.1-8 软管内径系列 (mm)

3.2	5	6.3	8	10	12.5	16	19①	20
25	31.5	38①	40	50	51①			

① 仅用于液压系统。

2.5 液压缸内径及活塞杆外径尺寸系列(摘自 GB/T 2348—1993)(见表 22.1-9、10)

表 22.1-9 液压缸内径尺寸系列 (mm)

8	40	125	(280)	20	(90)	200	(450)
10	50	(140)	320	25	100	(220)	500
12	63	160	(360)	32	(110)	250	
16	80	(180)	400				

注:圆括号内的尺寸为非优先选用尺寸。

表 22.1-10 液压缸的活塞杆外径尺寸系列 (mm)

4	20	56	160	12	36	100	280
5	22	63	180	14	40	110	320
6	25	70	200	16	45	125	360
8	28	80	220	18	50	140	
10	32	90	250				

2.6 液压缸行程系列(摘自 GB/T 2349—1980)(见表 22.1-11、12、13)

表 22.1-11 液压缸活塞行程第一系列 (mm)

25	50	80	100	125	160	200	250	320	400
500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000

表 22.1-12 液压缸活塞行程第二系列 (mm)

	40			63		90	110	140	180
220	280	360	450	550	700	900	1100	1400	1800
2200	2800	3600							

表 22.1-13 液压缸活塞行程第三系列 (mm)

240	260	300	340	380	420	480	530	600	650
750	850	950	1050	1200	1300	1500	1700	1900	2100
2400	2600	3000	3400	3800					

活塞行程＞4000mm时，按GB/T 321—2005《优先数和优先数列》中R10数系选用，如不能满足要求时，允许按R40数系选用。

2.7　液压元件清洁度指标（JB/T 7858—2006）（见表22.1-14）

表22.1-14　主要液压元件清洁度指标

产品名称	产品规格		清洁度指标值/mg		备　注
齿轮泵及马达	公称排量/mL·r^{-1}		铝壳体	铸铁壳体	
		$V \leqslant 10$	≤30	≤60	
		$10 < V \leqslant 50$	≤40	≤70	
		$50 < V \leqslant 100$	≤60	≤100	
		$100 < V \leqslant 200$	≤70	≤120	
		$V > 200$	≤100	≤180	
叶片泵及马达	公称排量/mL·r^{-1}	$V \leqslant 10$	≤25		
		$10 < V \leqslant 25$	≤30		
		$25 < V \leqslant 63$	≤40		
		$63 < V \leqslant 160$	≤50		
		$160 < V \leqslant 400$	≤65		
轴向柱塞泵及马达	公称排量/mL·r^{-1}		定量	变量	
		$V \leqslant 10$	≤25	≤30	
		$10 < V \leqslant 25$	≤40	≤48	
		$25 < V \leqslant 63$	≤75	≤90	
		$63 < V \leqslant 160$	≤100	≤120	
		$160 < V \leqslant 250$	≤130	≤155	
低速大扭矩马达	公称排量/mL·r^{-1}	$V \leqslant 1600$	≤120		
		$1600 < V \leqslant 8000$	≤240		
		$8000 < V \leqslant 16000$	≤390		
		$16000 < V \leqslant 25000$	≤525		
压力控制类阀	公称通径/mm	≤10	≤15		包括溢流阀、减压阀、顺序阀
		16	≤19		
		20	≤22		
		25	≤29		
		≥32	≤35		
节流阀	公称通径/mm	≤10	≤10		
		16	≤12		
		20	≤14		
		25	≤19		
		≥32	≤27		

（续）

产 品 名 称	产 品 规 格		清洁度指标值/mg	备 注
调速阀	公称通径/mm	≤10	≤22	
		16	≤26	
		20	≤30	
		25	≤35	
		≥32	≤45	
电磁、电液换向阀	公称通径/mm	6	≤12	
		10	≤25	
		16	≤29	
		20	≤33	
		25	≤39	
		≥32	≤50	
分片式多路阀	公称通径/mm	10	$\leqslant 25+14N$	N 为片数
		15	$\leqslant 30+16N$	
		20	$\leqslant 33+22N$	
		25	$\leqslant 50+31N$	
		32	$\leqslant 67+47N$	
二通插装阀	公称通径/mm	16	≤0.68	表中为插装件的指标值。控制盖板的指标值应按相应通径增加20%；先导阀的指标值按相应阀类指标值
		25	≤1.72	
		32	≤3.6	
		40	≤6.96	
		50	≤11.64	
		63	≤26.3	
双作用液压缸	缸筒内径/mm	$\phi40\sim\phi63$	行程为1m时，≤35	实际指标值按下式计算： $G \leqslant 0.5(1+x)G_0$ 式中 G——实际指标值(mg) x——缸实际行程(m) G_0——表中给定的指标值(mg) 多级套筒式单作用缸套筒外径为最终一级柱塞直径和各级套筒外径之和的平均值
		$\phi80\sim\phi110$	行程为1m时，≤60	
		$\phi125\sim\phi160$	行程为1m时，≤90	
		$\phi180\sim\phi250$	行程为1m时，≤135	
		$\phi320\sim\phi500$	行程为1m时，≤260	
活塞式、柱塞式单作用缸	缸径、柱塞直径/mm	$<\phi40$	行程为1m时，≤30	
		$\phi40\sim\phi63$	行程为1m时，≤35	
		$\phi80\sim\phi110$	行程为1m时，≤60	
		$\phi125\sim\phi160$	行程为1m时，≤90	
		$\phi180\sim\phi250$	行程为1m时，≤135	
多级套筒式单作用缸	套筒外径/mm	$\phi50\sim\phi70$	行程为1m时，≤40	
		$\phi80\sim\phi100$	行程为1m时，≤70	
		$\phi110\sim\phi140$	行程为1m时，≤110	
		$\phi160\sim\phi200$	行程为1m时，≤150	

（续）

产 品 名 称	产 品 规 格		清洁度指标值/mg	备　　注
囊式蓄能器	公称容积/L	1.6	≤6	
		2.5	≤14	
		4	≤17	
		6.3	≤27	
		10	≤34	
		16	≤49	
		25	≤70	
		40	≤93	
		63	≤120	
		100	≤168	
		160	≤228	
		200	≤281	
		250	≤362	
过滤器	公称流量/$L \cdot min^{-1}$	10	≤7	
		25	≤11	
		63	≤17	
		100	≤23	
		160	≤29	
		250	≤42	
		400	≤57	
		630	≤78	
软管总成	内径/mm	5	$\leq 1.57 \times L$	L 为软管长度，单位为 m
		6.3	$\leq 1.98 \times L$	
		8	$\leq 2.52 \times L$	
		10	$\leq 3.15 \times L$	
		12.5	$\leq 3.93 \times L$	
		16	$\leq 5.03 \times L$	
		19	$\leq 5.98 \times L$	
		22	$\leq 6.92 \times L$	
		25	$\leq 7.86 \times L$	
		31.5	$\leq 9.91 \times L$	
		38	$\leq 11.95 \times L$	
		51	$\leq 16.04 \times L$	

注：表中未包括的元件和辅件，其清洁度指标可根据产品结构型式和规格参照同类型产品的指标。如单向阀，可参照二通插装阀的指标。

2.8　液压阀油口、底板、控制装置和电磁铁的标识(摘自 GB/T 17490—1998)(见表 22.1-15)

表 22.1-15　标识规则总汇

主油口数			2		3	4
阀的类型			溢流阀	其他阀	流量控制阀	方向控制阀和功能块
标识符号	主油口	进油口	P	P	P	P
		第 1 出油口	—	A	A	A
		第 2 出油口	—	—	—	B
		回油箱油口	T	—	T	T
	辅助油口	第 1 液控油口	—	X	—	X
		第 2 液控油口	—	—	—	Y
		液控油口(低压)	V	V	V	—
		泄油口	L	L	L	L
		取样点油口	M	M	M	M

注：1. 主级或先导级的电磁铁应该用与靠它们的动作而有压力的油口一致的标识。
2. 本表格不适用于 GB/T 8100—2006、GB/T 8098—2003 和 GB/T 8101—2002 中标准化的元件。

3　常用液压术语(摘自 GB/T 17446—1998)

3.1　基本术语(见表 22.1-16)

表 22.1-16　基本术语

术　　语	解　　释
液压回路	由各种液压元件组成的具有某种机能的液压装置构成部分
回路图	用图形符号表示流体传动回路或部分回路功能的图
液压站	由液压泵、驱动用电动机、油箱、溢流阀等构成的液压源装置或包括控制阀在内的液压装置
额定压力	额定工况下的压力
背压	装置中因下游阻力或元件进、出口阻抗比值变化而产生的压力
冲击	流量或压力的瞬时升降
开启压力	如单向阀或溢流阀等，当压力上升到阀开始打开，通过流体时的压力
关闭压力	如单向阀或溢流阀等，当阀的进口压力下降到阀开始关闭，流量减少到某规定量以下时的压力
额定流量	在额定工况下的流量
流量	单位时间内通过流道横截面的流体数量(可规定为体积或质量)
排量	每行程或每循环吸入或排出的流体体积
管路	传输工作流体的管道
工作管路	用于传输压力流体的主管路
泄油管路	把内泄漏液体返回油箱的管路
流道	流体在元件内流动的通路
油(气)口	元件内流道的终端。可与管道相连，使流体流出或流入元件
节流器	节制流体流动而产生压降的元件

（续）

术　语	解　释
阀芯	借助它的移动来实现方向控制、压力控制或流量控制的基本功能的阀零件
泄漏	流体流经密封装置不做有用功的现象
静密封件	用在相对静止零件间的密封件
动密封件	用在相对运动零件间的密封件
液压卡紧	活塞或阀芯被活塞周围空隙中的不平衡压力卡住，不平衡压力侧向推动活塞，引起足以阻止轴向运动的摩擦
气穴	液流内，压力局部降低至液体汽化压力，形成水蒸气(或气体)空穴的现象
流量跳跃现象	在调速阀(带压力补偿的流量控制阀)中，当流体开始流过时，出现流量瞬时超过设定值的现象
颤振	高频小幅度的周期电信号。有时叠加在伺服阀输入端以改善系统分辨率
液压平衡	用液压力来平衡负载(包括设备自身)
流体传动系统	利用密闭回路中的有压流体来传递和控制功率的相互连接的元件组合
进口节流方式	节流阀装在执行元件进口侧管路中，通过节流调节动作速度的方式
出口节流方式	节流阀装在执行元件出口侧管路中，通过节流调节动作速度的方式
旁路节流方式	将流向执行元件的一部分流量，通过装在旁通管路中的节流阀流回油箱，以调节执行元件动作速度的方式
电-液方式	将电磁铁等电气元件组合到液压操纵器中的方式
先导控制方式	由先导阀等导入的压力进行控制的方式

3.2　液压泵的术语(见表 22.1-17)

表 22.1-17　液压泵的术语

术　语	解　释
液压泵	将机械能转换为液压能的装置
容积式泵	由壳体及与它内接的可动部件等构成的密闭容积的移动或变化，将液体由吸油口压向排油口的泵，其输出流量与泵轴的转速有关
定量泵	排量不可变的泵
变量泵	排量可变的泵
齿轮泵	由壳体内的两个(或两个以上)齿轮啮合作为能量转换的泵
叶片泵	转子旋转径向槽内的叶片在偏心的定子环内壁上滑动接触，将液体由进油侧压向排油侧的泵
柱塞泵	活塞或柱塞在斜盘、凸轮或曲柄等的作用下往复运动，将液体从吸油侧压向排油侧的泵
轴向柱塞泵	活塞或柱塞的往复运动方向与驱动轴平行的柱塞泵
径向柱塞泵	活塞或柱塞的往复运动方向与驱动轴垂直的柱塞泵
螺杆泵	具有一个或多个螺杆在腔体内转动，将油液从吸油侧压向排油侧的泵

3.3 液压执行元件的术语(见表22.1-18)

表22.1-18 液压执行元件的术语

术 语	解 释
[液压]执行元件	利用流体能量做机械功的液压元件
液压马达	把液压能转换为连续旋转输出机械能的装置
容积式马达	由于流体从进口侧向排油侧流动，使与壳体内接的可动部件间的密闭空间发生移动或变化，从而实现连续旋转运动的执行元件，轴转速与输入流量有关
叶片马达	压力流体作用在一组径向叶片上使转子旋转的马达
液压缸	把流体能转换为直线运动的机械力的装置
双作用缸	活塞的两侧分别输入压力油，活塞杆可实现伸、缩运动的液压缸
单作用缸	一个方向靠压力油推动，另一方向靠外力移动的缸
单活塞杆缸	活塞的一侧有活塞杆的液压缸
双活塞杆缸	活塞的两侧都有活塞杆的液压缸
差动缸	利用液压缸两侧的有效面积差的液压缸
带缓冲装置的缸	具有缓冲机能的液压缸
定量马达	每转的理论输入排量不变的液压马达
变量马达	每转的理论输入排量可变的液压马达
齿轮马达	输入压力流体，使泵壳内相互啮合的两个(或两个以上)齿轮转动的液压马达
柱塞马达	流体的压力作用于柱塞的端面，通过斜盘、凸轮、曲柄等使马达输出轴转动的液压马达
摆动式执行元件	回转角度限制在360°以内的进行往复转动的执行元件
多级伸缩缸	可以得到较长工作行程的具有多级套筒形活塞杆的液压缸
液压缸推力	作用于活塞面积上的理论流体力
行程	指活塞杆的动作长度，带有缓冲装置的液压缸，包括缓冲长度
伺服执行元件	使用于自动控制系统的伺服阀和执行元件的组合体
增压器	能将输入压力变换，以较高压力输出的液压元件

3.4 液压阀的术语(见表22.1-19)

表22.1-19 液压阀的术语

术 语	解 释
控制阀	改变流动状态，对压力或流量进行控制的阀的总称
压力控制阀	控制压力的阀的总称
流量控制阀	控制流量的阀的总称
方向控制阀	控制流动方向的阀的总称
顺序阀	在具有两个以上分支回路的系统中，根据回路的压力等来控制执行元件动作顺序的阀
平衡阀	以防止负载下落能保持背压的压力控制阀
减压阀	可将这种压力控制阀的出口压力调到比进口压力低的某一值，这个值与流量及进口侧压力无关
卸荷阀	在一定条件下，能使液压泵卸荷的阀
节流阀	利用节流作用限制液体流量的阀。通常指无压力补偿的流量阀

（续）

术　语	解　释
调速阀	与背压或因负荷而产生的压力变化无关并能维持流量设定值的流量控制阀
带温度补偿的调速阀	能与液体温度无关并能维持流量设定值的调速阀
分流阀	将液流向两个以上液压管路分流时，应用这种阀能使流量按一定比例分流，而与各管路中的压力无关
换向阀	具有两种以上流动型式和两个以上油口的方向控制阀
遮盖	滑阀式阀的阀芯台肩部分和窗口部分之间的重叠状态，其值叫遮盖量
溢流阀	当回路的压力达到这种阀的设定值时，流体的一部分或全部经此阀流回油箱，使回路压力保持在该阀设定值的压力阀
安全阀	为防止元件和管道等的破坏，用来限制回路中最高压力的阀
零遮盖	当滑阀式阀的阀芯在中立位置时，窗口正好完全被关闭，而当阀芯稍有一点儿位移时，窗口即打开，液体便可通过
正遮盖	当滑阀式阀的阀芯在中立位置时，要有一定位移量（不大），窗口才可打开
负遮盖	当滑阀式阀的阀芯在中立位置时，就已有一定开口量
伺服阀	控制流量或压力，使之为电信号（或其他输入信号）的函数
滑阀	采用圆柱滑阀式阀芯的阀
梭阀	具有一个出口两个以上入口，出口具有选择压力最高侧入口机能的阀
电磁阀	这是电磁操纵阀和电磁先导换向阀的总称
单向阀	流体只能沿一个方向流通，另一方向不能通过
节流换向阀	根据阀的操作位置，其流量可以连续变化的换向阀
电磁操纵阀	用电磁操纵的阀
手动操纵阀	用手动操纵的阀
凸轮操纵阀	用凸轮操纵的阀
先导阀	为操纵其他阀或元件中的控制机构，而使用的辅助阀
液动换向阀	用先导流体压力操纵的换向阀
液控单向阀	依靠控制流体压力，可以使单向阀反向流通的阀
二位阀	具有两个阀位的换向阀
电-液换向阀	与电磁操纵的先导阀组合成一体的液动换向阀
阀芯位置	用来确定换向阀内流通状态的位置
常态位置	不施加操纵力时阀的位置
中间位置	确定的换向阀的中央位置
偏移位置	换向阀中除中立位置以外的所有阀位
锁定位置	由锁紧装置保持的换向阀的阀位
三位阀	具有三个阀位的换向阀
二通阀	具有两个油口的控制阀
四通阀	具有四个油口的控制阀
弹簧复位阀	在弹簧力的作用下，返回正常位置的阀

（续）

术　　语	解　　释
中位封闭	换向阀在中立位置时所有油口都是封闭的
中位打开	换向阀在中立位置时所有油口都是相通的
常开	在正常位置压力油口与出油口是连通的
常闭	在正常位置压力油口是关闭的
弹簧对中阀	正常位置为中立位置的三位换向阀，属于弹簧复位阀的一种
弹簧偏置阀	正常位置为偏移位置的换向阀，属于弹簧复位阀的一种
油口数	阀与管路相连接的油口数量
台肩部分	滑阀芯移动时的滑动面

3.5　液压辅件及其他专业术语(见表 22.1-20)

表 22.1-20　液压辅件及其他专业的术语

术　　语	解　　释
过滤器	利用过滤作用，将流体中的固体颗粒清除的元件
管道过滤器	用于管路中的过滤器
油箱用过滤器	除用于压力管路和通气管路中的过滤器外，都属此类
蓄能器	将液体在加压状态下储存起来的容器，这种储存的液体可作为临时的动力源等
压力继电器	当流体压力达到预定值时，使电接点动作的元件
软管组件	两端装有软管接头的耐压软管
接头	连接管路或将管路装在液压元件上，这是一种在流体通路中能装拆的连接件的总称
油箱	储存液压油的容器
底板	与管道的连接口集中在一面，控制阀用密封件安装在它上面，进行配管的辅助板
油路块(集成块)	内部有起管路作用的通道，外部安有液压件，还有很多连接口的安装板
工作油	用于液压设备或液压系统中的液体
液压油液	用于液压设备中的油液或其他液体
难燃液压液	这是一种难燃的液压油，可以最大限度地预防火灾

4　常用液压公式

常用液压公式见表 22.1-21，表中左栏为设计液压系统常用到的计算公式(即用物理量的符号表达)，中栏和右栏是用不同单位制时给出的关系式。其中符号说明见表 22.1-22。

表 22.1-21　常用液压公式

用符号形式表达的求值公式			SI 单位	常 用 单 位
泵	功率	$P=\dfrac{p\times Q\times 100}{\eta_0}$	$\mathrm{W}=\dfrac{\mathrm{Pa}\times \mathrm{m}^3/\mathrm{s}\times 100}{\eta_0}$	$\mathrm{kW}=\dfrac{\mathrm{MPa}\times \mathrm{L/min}\times 100}{60\times\eta_0}$
	排量	$V=\dfrac{Q\times 100}{n\times\eta_V}$	$\mathrm{m}^3=\dfrac{\mathrm{m}^3/\mathrm{s}\times 100}{\mathrm{r/s}\times\eta_V}$	$\mathrm{mL}=\dfrac{\mathrm{L/min}\times 10^5}{\mathrm{r/min}\times\eta_V}$
	流量	$Q=\dfrac{n\times V\times\eta_V}{100}$	$\mathrm{m}^3/\mathrm{s}=\dfrac{\mathrm{r/s}\times \mathrm{m}^3\times\eta_V}{100}$	$\mathrm{L/min}=\dfrac{\mathrm{r/min}\times \mathrm{mL}\times\eta_V}{10^5}$
	转速	$n=\dfrac{Q\times 100}{V\times\eta_V}$	$\mathrm{r/s}=\dfrac{\mathrm{m}^3/\mathrm{s}\times 100}{\mathrm{m}^3\times\eta_V}$	$\mathrm{r/min}=\dfrac{\mathrm{L/min}\times 10^5}{\mathrm{mL}\times\eta_V}$

（续）

用符号形式表达的求值公式			SI 单位	常 用 单 位
马达	功率	$P=\frac{2\times\pi\times n\times M\times\eta_0}{100}$	$W=\frac{6.28\times n/s\times N\cdot m\times\eta_0}{100}$	$kW=\frac{6.28\times r/min\times N\cdot m\times\eta_0}{10^3\times60}$
	流量	$Q=\frac{V\times n\times100}{\eta_V}$	$m^3/s=\frac{m^3\times n/s\times100}{\eta_V}$	$L/min=\frac{mL\times r/min}{10\times\eta_V}$
	转速	$n=\frac{Q\times\eta_V}{V\times100}$	$n/s=\frac{m^3/s\times\eta_V}{m^3\times100}$	$r/min=\frac{L/min\times\eta_V\times10}{mL}$
	排量	$V=\frac{Q\times\eta_V}{n\times100}$	$m^3=\frac{m^3/s\times\eta_V}{n/s\times100}$	$mL=\frac{L/min\times\eta_V\times10}{r/min}$
缸	推力	$F_{Ext}=\frac{p\times A\times\eta_{hm}}{100}$	$N=\frac{Pa\times d^2\times\pi\times\eta_{hm}}{4\times100}$	$kN=\frac{MPa\times mm^2\times0.7854\times\eta_{hm}}{10^5}$
	拉力	$F_{Ret}=\frac{p\times A\times\eta_{hm}}{100}$	$N=\frac{Pa\times(d_p^2-d_r^2)\times\pi\times\eta_{hm}}{4\times100}$	$kN=\frac{MPa\times mm^2\times0.7854\times\eta_{hm}}{10^5}$
	流量	$Q=v\times A\quad A=\frac{Q}{v}$	$m^3/s=m/s\times m^2$	$L/min=\frac{mm/s\times mm^2\times0.7854\times60}{10^6}$
	速度	$v=\frac{Q}{A}$	$m/s=\frac{m^3/s}{m^2}$	$mm/s=\frac{L/min\times10^6}{mm^2\times0.7854\times60}$
	功率	$P=\frac{p\times Q\times\eta_{hm}}{100}$	$W=\frac{Pa\times m^3/s\times\eta_{hm}}{100}$	$kW=\frac{MPa\times L/min\times\eta_{hm}}{60\times100}$
	容积	$V=A\times S$	$m^3=d^2\times0.7854\times m$	$L=\frac{mm^2\times0.7854\times mm}{10^6}$
管路	内径	$d=\sqrt{\frac{Q}{V\times0.7854}}$	$m=\sqrt{\frac{m^3/s}{m/s\times0.7854}}$	$mm=\sqrt{\frac{L/min}{m/s\times0.7854\times10^3\times60}}$
油箱	容积	$V=Q\times(3\sim10)$	$m^3=m^3/s\times60\times(3\sim10)$	$L=L/min\times(3\sim10)$

表 22.1-22　符号说明

符　　号	物　理　量	SI 单位(符号)	常用单位(符号)
A	面积	平方米(m^2)	平方毫米(mm^2)
F_{Ext}	推力	牛顿(N)	千牛顿(kN)
F_{Ret}	拉力	牛顿(N)	千牛顿(kN)
n	转速	转/秒(r/s)	转/分(r/min)
P	功率	瓦(W)	千瓦(kW)
p	压力	帕(Pa)	兆帕(MPa)
Q	流量	立方米/秒(m^3/s)	升/分(L/min)
V	排量	立方米(m^3)	毫升(mL)
	容积	立方米(m^3)	升(L)
v	速度	米/秒(m/s)	毫米/秒(mm/s)
	流速	米/秒(m/s)	米/秒(m/s)
η_{hm}	液压机械效率		
η_0	总效率		
η_V	容积效率		

第 2 章　液压流体力学基础

流体分液体和气体两种。液体分子间距较小，一般视为不可压缩流体。气体分子间距较大，受压力或温度变化将出现明显的体积变化，一般视为可压缩流体。所有流体都视为由质点组成的连续介质，质点之间无间隙。

1　流体静力学

1.1　压力的度量标准

压力是流体内部各点单位面积上的法向力，也称压强。压力的单位为“Pa”，按压力零点不同，其表示方式有以下三种：

1）绝对压力　以绝对真空为零点。

2）相对压力　以大气压力为零点。

3）真空度　当绝对压力小于大气压力时，其小于大气压力的数值称为真空度，也称为负压。

$$p_r = p_m - p_a \qquad (22.2\text{-}1a)$$

$$p_v = p_a - p_m \qquad (22.2\text{-}1b)$$

式中　p_m——绝对压力；

p_r——相对压力（表压力）；

p_a——大气压力；

p_v——真空度。

故

$$p_v = -p_r \qquad (22.2\text{-}2)$$

1.2　流体静力学基本方程

流体静力学基本方程有以下三种表示形式（图 22.2-1）

$$p = p_0 + \rho g h \qquad (22.2\text{-}3a)$$

$$p_2 - p_1 = \rho g \Delta h \qquad (22.2\text{-}3b)$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 \qquad (22.2\text{-}3c)$$

式中　g——重力加速度（9.81m/s^2）；

ρ——流体的密度（kg/m^3）；

p_0——自由面上的压力（Pa）；

p——液体中任一点处的压力（Pa）；

h——液体中任一点离自由面的高度（m）；

p_1、p_2——液体中任意两点 1 及 2 处的压力（Pa）；

$\Delta h = h_2 - h_1 = z_1 - z_2$——1、2 两点间的垂直高度差（m）；

z_1、z_2——1、2 两点离基准面的垂直坐标（m）。

注意，在应用式（22.2-3b）及式（22.2-3c）时，1 及 2 这两点必须在连续的同一种介质中。如不是同一种介质或中间夹有其他介质，则这两个公式不适用。

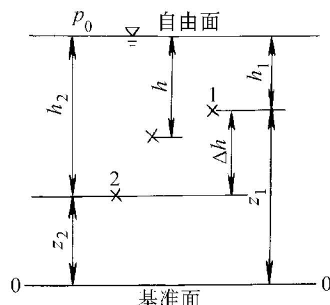


图 22.2-1　静力学基本方程用图

1.3　平面上的液体总压力

求液体中任意形状的平面上所受的液体总压力主要是求其大小、方向和作用点问题。图 22.2-2 表示在液体自由面以下任意形状的一个倾斜平面，C 是该平面的形心，形心离自由面的倾斜距离是 y_C，离自由面的垂直高度为 h_C。平面的面积为 A。则作用在该平面上的液体总作用压力 F 的大小可用下式计算

$$F = \rho g h_C A \qquad (22.2\text{-}4)$$

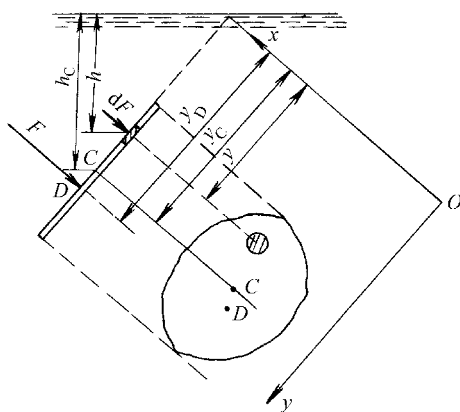


图 22.2-2　倾斜平面上的液体总压力

其方向是垂直于该平面的方向（内法线方向），而作用点在形心 C 的下面某点 D 上，称为压力中心。D 离自由面的倾斜距离 y_D 可由下式计算

$$y_D = y_C + \frac{J_C}{y_C A} \qquad (22.2\text{-}5)$$

式中　J_C——平面 A 对通过形心 C 而又平行于 Ox 轴的惯性矩，由式(22.2-5)可见，D 点一定在 C 点之下。

1.4　曲面上的液体总压力

曲面总压力的水平分量 P_x 等于曲面在 x 方向(即 yOz 平面上)的投影面积 A_x 上的平面总压力，如图 22.2-3 所示，可按下式计算

$$P_x = \rho g h_{cz} A_x \quad (22.2\text{-}6)$$

式中　A_x——曲面在 x 方向上的投影面积(m^2)；

h_{cz}——A_x 的形心离自由面的垂直深度(m)；

ρ——液体的密度(kg/m^3)。

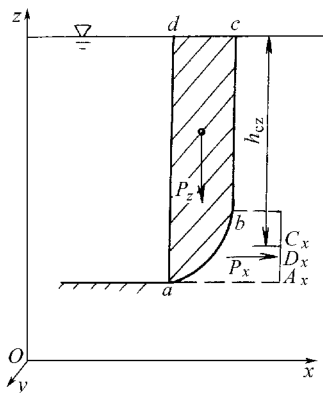


图 22.2-3　曲面总压力示意图

总压力水平分量 P_x 的方向是水平方向，而作用点则为 A_x 的压力中心 D_x，D_x 位置的计算仍可用平面总压力中心的计算公式(22.2-5)。

总压力的垂直分量 P_z 则等于与压力体同体积的液体质量。图 22.2-3 中 $abcd$ 就是压力体投影面。当压力体与曲面接触部分有液体，如图 22.2-3 中的 $abcd$，则称为实压力体，此时 P_z 方向向下。如压力体与曲面接触部分没有液体，如图 22.2-4 中的 $a'b'c'd'$，则称为虚压力体，此时 P_z 方向向上。而 P_z 的作用点则通过压力体的重心。

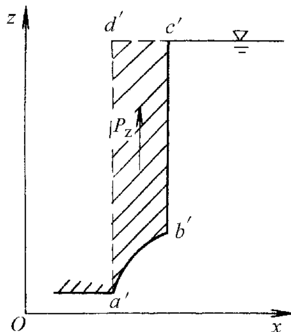


图 22.2-4　虚压力体

曲面上的总压力 P 的计算公式为

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} \quad (22.2\text{-}7)$$

P 的方向可用下式计算

$$\tan\theta = \frac{P_z}{P_x} \quad (22.2\text{-}8)$$

式中　θ——P 的方向与水平方向的夹角。

2　流体动力学

2.1　几个基本概念

1）理想流体与实际流体　没有粘性的流体是理想流体，有粘性的流体是实际流体。

2）稳定流和非稳定流　在流体的运动空间内，任一点处流体的速度、压力、密度等运动要素不随时间而变化的流动称为稳定流，反之称为非稳定流。

3）迹线与流线　迹线是流体质点在一段时间内的运动轨迹。流线是空间中某一瞬时的一条曲线，该曲线上各点的流体质点所具有的速度方向与该点流线的切线方向重合。

4）流管、流束、总流　通过任一封闭周线的每一点作流线所形成的管状曲面称为流管。流体不能穿过流管表面流动。充满流管内部的流体称为流束。在流动边界内的全部微小流束的总和称为总流。

5）有效断面 A、湿周 χ、水力半径 R　与流束或总流的速度相垂直的断面称为有效断面。在有效断面上流体与固体边界接触的周长称为湿周 χ。有效断面 A 与湿周 χ 之比称为水力半径 R，即

$$R = \frac{A}{\chi} \quad (22.2\text{-}9)$$

如有效断面是圆形，则 $A = \frac{\pi}{4}D^2$，$\chi = \pi D$

$$R = \frac{\frac{\pi}{4}D^2}{\pi D} = \frac{1}{4}D = \frac{1}{2}r \quad (22.2\text{-}10)$$

即水力半径 R 与一般圆半径 r 的概念是不同的。

2.2　连续性方程

根据质量守恒的原则，单位时间流过管路或流管的任一有效断面的流体质量为常数。即

$$\rho A v = C \quad (22.2\text{-}11)$$

式中，ρ、A、v 分别为流体的密度、有效断面及有效断面上的平均速度。如为不可压缩性流体，则 ρ 为常数，此时式(22.2-11)成为

$$Av = C \quad (22.2\text{-}12)$$

或

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (22.2\text{-}13)$$

即流过 A_1 断面的流量与流过 A_2 断面的流量相等，则

$$q_1 = q_2 \tag{22.2-14}$$

2.3 伯努利方程

2.3.1 理想流体伯努力方程

在重力场中的理想流体稳定流，如流体为不可压缩性流体，则沿流束或总流上任一断面有

$$\frac{p}{\rho} + zg + \frac{v^2}{2} = 常数 \tag{22.2-15a}$$

$$\frac{p}{\rho g} + z + \frac{v^2}{2g} = 常数 \tag{22.2-15b}$$

式中 p——压力；

z——该断面中心离水平基准面的垂直距离；

v——断面上的平均速度；

ρ——流体的密度；

g——重力加速度；

$\frac{p}{\rho}$——单位质量流体的压力势能；而$\frac{p}{\rho g}$称为压力头；

zg——单位质量流体的位置势能；而 z 称为位置头；

$\frac{v^2}{2}$——单位质量流体的动能；而$\frac{v^2}{2g}$称为速度头；

式(22.2-15)的意义是理想流体中沿流束或总流各断面上单位质量流体的总能量为常数，或三项能量头之和为常数。式(22.2-15)也可写成下面的形式

$$\frac{p_1}{\rho} + z_1 g + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g + \frac{v_2^2}{2} \tag{22.2-16a}$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \tag{22.2-16b}$$

式中，下角标1和2分别表示流束或总流的任意两个断面。故式(22.2-16a)与式(22.2-16b)的意义是：沿理想流体流束或总流任意两断面上的单位质量流体的总能量相等或总能量头相等。故理想流体伯努利方程实质上是能量守恒定理在流体力学中的具体体现。

2.3.2 实际流体伯努利方程

实际流体由于存在粘性，在流动时要克服摩擦力，从而引起能量损失。故流体总能量或总能量头将沿流动方向逐渐减小。因此对实际流体来说，伯努利方程变为

$$\frac{p_1}{\rho} + z_1 g + \frac{a_1 v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g + \frac{a_2 v_2^2}{2} + h_W g \tag{22.2-17a}$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{a_1 v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{a_2 v_2^2}{2g} + h_W \tag{22.2-17b}$$

式中 $h_W g$——单位质量流体从断面1流至断面2时损失的能量，h_W 称为能量损失；

a_1、a_2——1、2断面由于速度分布不均匀而引入的修正系数，对层流来说，$a=2$；对紊流来说，$a=1.05\sim1.10$。

2.3.3 系统中有流体机械的伯努利方程

式(22.2-16)及式(22.2-17)只适用于两个断面之间没有其他流体机械消耗能量或向流体供给能量的情况，当断面1及2间有流体机械时，理想流体伯努利方程将变成如下的形式

$$\frac{p_1}{\rho} + z_1 g + \frac{v_1^2}{2} + Hg = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g + \frac{v_2^2}{2} \tag{22.2-18a}$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \tag{22.2-18b}$$

实际流体伯努利方程则成为

$$\frac{p_1}{\rho} + z_1 g + \frac{a_1 v_1^2}{2} + Hg = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g + \frac{a_2 v_2^2}{2} + h_W g \tag{22.2-19a}$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{a_1 v_1^2}{2g} + H = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{a_2 v_2^2}{2g} + h_W \tag{22.2-19b}$$

式中，Hg 为流体机械向单位质量流体所供给的机械能。如果流体机械由流体吸收能量(例如水轮机、液压马达等)，则 Hg 为负值。

流过流体机械的流量为 q，密度为 ρ，则单位时间向流体输送的能量(即功率)为

$$N = \rho g q H$$

2.4 动量方程

流体力学中的动量方程为

$$\left.\begin{aligned} \sum F_x &= \rho q_v (v_{2x} - v_{1x}) \\ \sum F_y &= \rho q_v (v_{2y} - v_{1y}) \\ \sum F_z &= \rho q_v (v_{2z} - v_{1z}) \end{aligned}\right\} \tag{22.2-20}$$

式中 $\sum F_x$、$\sum F_y$、$\sum F_z$——作用在所研究流体段上的外力之和在 x、y、z 三方向上的分量；

v_{1x}、v_{1y}、v_{1z}——流入该流体段的速度 v_1 在 x、y、z 三方向的分量；

v_{2x}、v_{2y}、v_{2z}——流出该流体段的速度 v_2 在 x、y、z 三方向的分量；

ρ——流体密度；

q_v——通过该流体段的体积流量。

3　阻力计算

实际流体在流动时会由于粘性摩擦力而引起能量损失。损失分为沿程阻力损失 Δp_l 和局部阻力损失 Δp_r 两种。整个流动路程上单位重力流体的总损失为全部沿程损失和局部损失之和，即

$$\Delta p_w = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_r \qquad (22.2\text{-}21)$$

3.1　沿程阻力损失计算

3.1.1　流动类型

沿程损失与流动类型有关，流动类型用雷诺数 Re 来判断。对圆形截面管路

$$Re = \frac{vd}{\nu} \qquad (22.2\text{-}22)$$

式中　v——管中平均流速；

d——管径；

ν——流体的运动粘度。

当 $Re>2300$ 时流动为紊流状态，当 $Re<2300$ 时为层流流态，$Re_k=2300$ 称为临界雷诺数。

对非圆形截面管路

$$Re = \frac{vR}{\nu} \qquad (22.2\text{-}23)$$

式中，R 为相应的临界断面的水力半径，$Re_k=580$。

3.1.2　沿程阻力损失计算公式

$$\Delta p_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2} \qquad (22.2\text{-}24)$$

这里 λ 为沿程阻力系数，它是 Re 和相对粗糙度 $\frac{\varepsilon}{d}$ 的函数，这里 ε 为管壁粗糙度，可按表 22.2-1 查得。λ 值可按表 22.2-2 所列公式计算。

表 22.2-1　各种新管内壁绝对粗糙度 ε

材料	管内壁状态	绝对粗糙度 ε/mm
铜	冷拔铜管、黄铜管	0.0015～0.01
铝	冷拔铝管、铝合金管	0.0015～0.06
钢	冷拔无缝钢管	0.01～0.03
	热拉无缝钢管	0.05～0.1
	轧制无缝钢管	0.05～0.1
	镀锌钢管	0.12～0.15
	波纹管	0.75～7.5
铸铁	铸铁管	0.05
塑料	光滑塑料管	0.0015～0.01
	$d=100$mm 的波纹管	5～8
	$d \geqslant 200$mm 的波纹管	15～30
橡胶	光滑橡胶管	0.006～0.07
	含有加强钢丝的胶管	0.3～4

表 22.2-2　圆管的沿程阻力系数 λ 的计算公式

流动区域		雷诺数范围		λ 计算公式
层流		$Re<2320$		$\lambda=\frac{64}{Re}$
紊流	水力光滑管区	$Re<22\left(\frac{d}{\varepsilon}\right)^{\frac{8}{7}}$	$3000<Re<10^5$	$\lambda=0.3164Re^{-0.25}$
			$10^5<Re<10^8$	$\lambda=0.308/(0.842-\lg Re)^2$
	水力粗糙管	$22\left(\frac{d}{\varepsilon}\right)^{\frac{8}{7}}<Re\leqslant 597\left(\frac{d}{\varepsilon}\right)^{\frac{9}{8}}$		$\lambda=\left[1.14-2\lg\left(\frac{\varepsilon}{d}+\frac{21.25}{Re^{0.9}}\right)\right]^{-2}$
	阻力平方区	$Re>597\left(\frac{d}{\varepsilon}\right)^{\frac{9}{8}}$		$\lambda=0.11\left(\frac{\varepsilon}{d}\right)^{0.25}$

3.2　局部阻力损失计算

$$\Delta p_r = \zeta \frac{\rho v^2}{2} \qquad (22.2\text{-}25)$$

式中，ζ 为局部阻力系数，它与局部阻力的形状有关，可按表 22.2-3～表 22.2-9 查取。

表 22.2-3　管道入口处的局部阻力系数

入 口 型 式	局部阻力系数 ζ
入口处为尖角凸边 $Re>10^4$	当 $\delta/d_0<0.05$ 及 $b/d_0 \leqslant 0.5$ 时，$\zeta=1$ 当 $\delta/d_0>0.05$ 及 $b/d_0<0.5$ 时，$\zeta=0.5$

（续）

入口型式	局部阻力系数 ζ							
入口处为尖角 $Re>10^4$	$\alpha/(°)$	20	30	45	60	70	80	90
	ζ	0.96	0.91	0.81	0.70	0.63	0.56	0.5
	注：一般垂直入口，$\alpha=90°$							
入口处为圆角	r/d_0	0.12			0.16			
	ζ	0.1			0.06			
入口处为倒角 $Re>10^4$ （$\alpha=60°$时最佳）	$\alpha/(°)$	ζ						
		e/d_0						
		0.025	0.050	0.075	0.10	0.15	0.60	
	30	0.43	0.36	0.30	0.25	0.20	0.13	
	60	0.40	0.30	0.23	0.18	0.15	0.12	
	90	0.41	0.33	0.28	0.25	0.23	0.21	
	120	0.43	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	

表 22.2-4 管道出口处的局部阻力系数

出口型式	局部阻力系数 ζ											
从直管流出（紊流、层流）	紊流时，$\zeta=1$ 层流时，$\zeta=2$											
从锥形喷嘴流出 $Re>2\times10^3$	$\zeta=1.05(d_0/d_1)^4$											
	d_0/d_1	1.05	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
	ξ	1.28	1.54	2.18	4.03	6.88	11.02	16.80	24.80	34.84	47.98	64.54	85.05
从锥形扩口管流出 $Re>2\times10^3$	l/d_0	ξ										
		$\alpha/(°)$										
		2	4	6	8	10	12	16	20	24	30	
	1	1.30	1.15	1.03	0.90	0.80	0.73	0.59	0.55	0.55	0.58	
	2	1.14	0.91	0.73	0.60	0.52	0.46	0.39	0.42	0.49	0.62	
	4	0.86	0.57	0.42	0.34	0.29	0.27	0.29	0.47	0.59	0.66	
	6	0.49	0.34	0.25	0.22	0.20	0.22	0.29	0.38	0.50	0.67	
	10	0.40	0.20	0.15	0.14	0.16	0.18	0.26	0.35	0.45	0.60	

表 22.2-5　管道扩大处的局部阻力系数

管道扩大型式	局部阻力系数 ζ						
	$\alpha/(°)$	ζ d_1/d_0					
		1.2	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
	5	0.02	0.04	0.08	0.11	0.11	0.11
	10	0.02	0.05	0.09	0.15	0.16	0.16
	20	0.04	0.12	0.25	0.34	0.37	0.38
当 $\alpha=180°$，为突然扩大	30	0.06	0.22	0.45	0.55	0.57	0.58
	45	0.07	0.30	0.62	0.72	0.75	0.76
	60		0.36	0.68	0.81	0.83	0.84
	90		0.34	0.63	0.82	0.88	0.89
	120		0.32	0.60	0.82	0.88	0.89
	180		0.30	0.56	0.82	0.88	0.89
注：A_0、A_1 为管道相应于内径 d_0、d_1 的通过面积	表中未计摩擦损失，其值按如下公式确定 $\zeta_m=\dfrac{\lambda}{8\sin\dfrac{\alpha}{2}}\left[1-\left(\dfrac{A_0}{A_1}\right)^2\right]$						

表 22.2-6　管道缩小处的局部阻力系数

管道缩小型式	局部阻力系数 ζ									
	$\zeta=0.5\left(1-\dfrac{A_0}{A_1}\right)$									
	A_0/A_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$Re>10^4$	ζ	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0
$Re>10^4$	$\zeta=\zeta'\left(1-\dfrac{A_0}{A_1}\right)$ ζ'——按表 22.2-3 第 4 项管道“入口处为倒角”的 ζ 值 注：A_0、A_1 为管道相应于内径 d_0、d_1 的通过面积									

表 22.2-7　弯管局部阻力系数

弯 管 型 式	局部阻力系数 ζ								
折管	$\alpha/(°)$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	ζ	0.04	0.1	0.17	0.27	0.4	0.55	0.7	0.9	1.12

弯 管 型 式	局部阻力系数 ζ				
光滑管壁的均匀弯管	$\zeta=\zeta'\dfrac{\alpha}{90°}$				
	$d_0/2R$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
	ζ'	0.13	0.14	0.16	0.21	0.29

注：1. 对于管壁粗糙的铸造弯头，当紊流时，ζ'数值较表中大 3～4.5 倍。

2. 两个弯管相连的情况：

$1\zeta=2\zeta_{90°}$　　$\zeta=3\zeta_{90°}$　　$\zeta=4\zeta_{90°}$

表 22.2-8 分支管的局部阻力系数

型式及流向						
ζ	1.3	0.1	0.5	3	0.05	0.15

注：根据上表可以组合成各种分流或合流情况。

表 22.2-9 阀口局部阻力系数

图示	几何参数	局部阻力系数 ζ										
闸阀	x——阀的开度	$\frac{x}{D}$	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
		ζ	1.3	1.6	2.0	3.0	4.5	6.2	10	20	50	200
转阀	α——阀口旋转角	$\alpha/(°)$	0	10	20	30	40	50	60	70	75	
		ζ	0	0.3	1.6	5.5	18	54	210	1000	∞	
球阀	$A_x \approx 1.5R\pi x$ $x \approx 4\pi R$	$\zeta = 0.5 + 0.15\left(\frac{A}{A_x}\right)^2$										
平板式截止阀	$A = \pi R^2$ $x = 4\pi R$ $A_x = 2\pi Rx$	$\zeta = 1.3 + 0.2\left(\frac{A}{A_x}\right)^2$										
针阀	$A_x = \pi\left(2R_x \tan\frac{\alpha}{2} - x^2\tan^2\frac{\alpha}{2}\right)$ $x=0$ 时，$A_x = 0$ $x = 2\pi\left(2R - x\tan\frac{\alpha}{2}\right)$	$\zeta = 0.5 + 0.15\left(\frac{A}{A_x}\right)^2$										

4　孔口及管嘴出流、缝隙流动、液压冲击

4.1　薄壁孔口流量计算及管嘴流量计算

当孔口的壁厚 l 小于孔径 d 的 1/2，而且孔口边缘是无倒角的锐缘时，则孔口出流的流体仅与孔口边缘相接触，如图 22.2-5 所示。此时孔口就可认为是薄壁锐缘孔口，其流量计算公式为

$$q_v = C_d A\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \tag{22.2-26}$$

式中　Δp——孔口前后压差(Pa)；

A——孔口面积(m^2)；

ρ——流体的密度(kg/m^3)；

C_d——流量系数；

q_v——流量(m^3/s)。

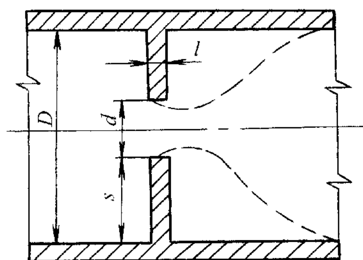


图 22.2-5　孔口出流

当管径和孔径之比 $\frac{D}{d}>7$ 时，$C_d=0.60\sim0.61$。

当 $\frac{s}{d}<3$ 时，则孔口出流收缩不完全，C_d 值也会增大，见表 22.2-10。

表 22.2-10　C_d 与 d/D 的关系

$(d/D)^2$	0	0.25	0.5	0.75	1.0
C_d	0.612	0.644	0.691	0.757	1.0

$C_d=0.60\sim0.61$ 是在紊流情况下导出的，一般认为 $Re=\frac{vd}{\nu}>250$ 时，$C_d=0.60\sim0.61$ 不变。当 $Re<250$ 时，C_d 是变化的，如图 22.2-6 所示。

在液压技术中，大多数孔口符合 $D/d>7$ 和 $s/d>3$，而且大多数情况下 $Re>250$，因此用 $C_d=0.60\sim0.61$ 是合理的。

当孔口断面不是圆形时，仍可用式(22.2-26)计算，而 C_d 一般仍选用 0.60～0.61。例如圆柱滑阀的流量计算完全可按式(22.2-26)进行。对喷嘴挡板，如图 22.2-7 所示，当 $l<2x_{f0}$，$\alpha<60°$。喷嘴出口无

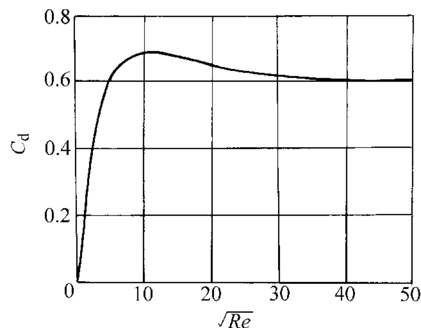


图 22.2-6　C_d-Re 关系

倒角，也可以按锐缘薄壁孔口计算，C_d 取 0.60～0.61，孔口面积按环形缝隙 πdx_{f0} 计。

当孔口的壁较厚时，则不能按薄壁孔口计。如 $l=(3\sim4)d$，则按管嘴计算。此时流量公式仍可用式(22.2-26)计算，但流量系数 $C_d=0.80\sim0.82$。当壁厚再进一步增加，则应按管路计算。

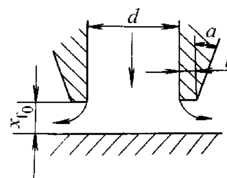


图 22.2-7　喷嘴挡板

4.2　缝隙流动

液压技术中经常碰到缝隙中的流体流动问题。由于缝隙很小，缝隙中流动一般总是层流。

4.2.1　壁面固定的平行缝隙中的流动

设缝隙宽度为无限宽，则可以根据牛顿内摩擦定理导出单位宽度的流量为

$$q_w = \frac{\delta^3\Delta p}{12\mu l} \tag{22.2-27}$$

式中　δ——缝隙高度(m)；

q_w——单位宽度的流量(m^3/s)；

l——缝隙长度(m)；

μ——流体的动力粘度(Pa·s)；

Δp——缝隙长度两端的压差(Pa)。

当宽度 b 为有限值，长度 l 又不太长时，则需引入修正系数 c，c 与 $l/(\delta Re)$ 有关。其关系如图 22.2-8 所示。此时的流量公式为

$$q_v = \frac{b\delta^3\Delta p}{12\mu lc} \tag{22.2-28}$$

而

$$Re = \frac{2q_v}{b\nu}$$

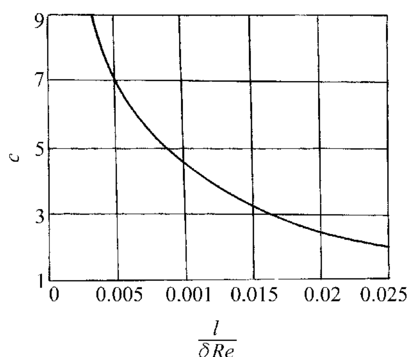


图22.2-8　c与$\frac{l}{\delta Re}$关系曲线

当$l/(\delta Re)$足够大时，c趋近于1。

4.2.2　壁面移动的平行平板缝隙流动

当两个平行平板之一以速度u运动时(图22.2-9)，则通过缝隙的流量将等于由式(22.2-28)算出的流量再加上由于平板移动引起的流量$\frac{1}{2}b\delta u$之和，即

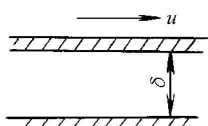


图22.2-9　壁面移动平板缝隙流动

$$q_v=\frac{b\delta^3\Delta p}{12\mu l}\pm\frac{b\delta}{2}u \tag{22.2-29}$$

式中第二项的正负号取决于u的方向与Δp的方向是否一致，一致时取"+"号，相反时取"-"号。q_v的单位为$m^3\cdot s$。

4.2.3　环形缝隙中的流体流动

图22.2-10a所示的同心环形缝隙中的流体流动本质上与平行平板中流动是一致的，只要在式(22.2-28)或(22.2-29)中的b用πD来代替就完全可适用于环形缝隙的情况，即对固定壁面：

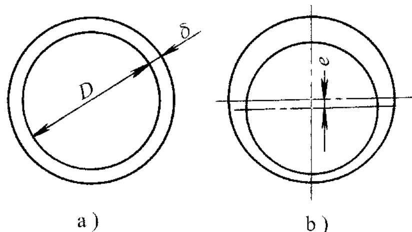


图22.2-10　环形缝隙

$$q_v=\frac{\pi D\delta^3\Delta p}{12\mu l} \tag{22.2-30}$$

一个壁面以速度u运动时的流量为

$$q_v=\frac{\pi D\delta^3\Delta p}{12\mu l}\pm\frac{\pi D\delta}{2}u \tag{22.2-31}$$

当环形缝隙有偏心时，如图22.2-10b所示，则其流量应按下式计算：

$$q_v=\frac{\pi D\delta^3\Delta p}{12\mu l}(1+1.5\varepsilon^2) \tag{22.2-32}$$

e为两个圆筒形壁面的偏心距，e与缝隙宽度δ之比为$\varepsilon=e/\delta$。当偏心距达最大时，$e=\delta$，即$\varepsilon=1$。此时

$$q_v=\frac{2.5\pi D\delta^3\Delta p}{12\mu l} \tag{22.2-33}$$

4.2.4　平行平板间的径向流动

当流体沿平行平板的径向流动时，其流量计算可按下式计算

$$q_v=\frac{2\pi\delta^3}{12\mu c_e}\frac{\Delta p}{\ln\frac{r_2}{r_1}} \tag{22.2-34}$$

式中　r_1、r_2——径向缝隙的内径和外径，如图22.2-11所示；

c_e——考虑起始段引入的修正系数，c_e值

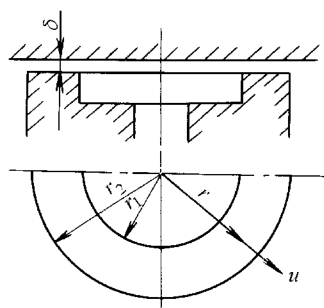


图22.2-11　平行平板径向流动

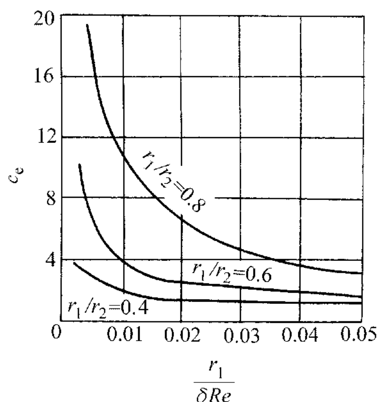


图22.2-12　修正系数c_e曲线

与$\frac{r_1}{\delta Re}$有关，如图 22. 2-12 所示。

4. 3　液压冲击

当管路中的阀门突然关闭时，管路中流体由于突然停止而引起压力升高，压力升高的最大值可按下式计算

$$\Delta p = \rho c v \tag{22. 2-35}$$

式中　ρ——流体密度（kg/m^3）；

v——管中原来的流速（m/s）；

c——冲击波的传播速度（m/s），c 与管子弹性、管径、壁厚等有关，可按下式计算

$$c = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{DK}{\delta E}}} \tag{22. 2-36}$$

式中　K——流体的体积弹性模量（Pa）；

D、δ——管径及管壁厚（m）；

E——管材的弹性模量（Pa）；

ρ——流体密度（kg/m^3）。

当管路为绝对刚体时

$$c = c_0 = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \tag{22. 2-37}$$

对液压油，$c_0 = 890 \sim 1270 m/s$。

第 3 章　液压基本回路

1　概述

任何液压系统都是由一些基本回路组成的。基本回路是由各类元件或辅件组成的。参照典型基本回路设计液压系统，可以收到事半功倍的效果。同一基本功能，可以有多种实现方法，只有充分了解主机对液压系统的要求，对基本回路进行分析比较，然后选择适合工况要求的基本回路，才能设计出既简单又合理的液压系统。

液压基本回路包括液压源回路、压力控制回路、速度控制回路、同步控制回路、方向控制回路、液压马达回路等多种型式。本章将依次介绍这些回路的基本型式和应用。

液压基本回路原理图可用简化示意的方法来表示，凡与该回路作用原理无关紧要的一些元件和附件，均可省略不画。用图形符号画出的各种液压元件应符合国家标准 GB/T 786.1—2009 的规定。

2　液压源回路

液压源回路也可称为动力源回路，是液压系统中最基本且不可缺少的部分，液压源回路的功能是向液压系统提供满足执行机构需要的压力和流量。液压源回路是由油箱、油箱附件、液压泵、电动机（发动机）、安全阀、过滤器、单向阀等组成的。在设计液压源时要考虑系统所需流量和压力、使用的工况、作业的环境以及液压介质的污染控制和温度控制等。表 22.3-1 列出了一些常用的液压源回路，可依据液压系统对液压源的要求，参考相应的回路，进行液压源的回路设计。

2.1　定量泵-溢流阀液压源回路（见表 22.3-1）

2.2　变量泵-安全阀液压源回路（见表 22.3-2）

表 22.3-1　定量泵-溢流阀液压源回路

分类	回路图形	说　明
简化回路	P T	回路结构简单，使用广泛，是开式液压回路中最常用的液压源回路。缺点是有溢流损失。液压泵的出口压力近似为常数。为防止异物进入液压泵，在泵的吸入侧设置过滤器进行保护，单向阀是为了防止负载变化引起的倒流而设置的，液位计及空气过滤器是液压源必备的附件
一般回路	P T	在简化回路的基础上，增设了加热器和冷却器进行油温调节。冷却器一般设在回油管路中，为防止因回油压力上升冲击冷却器，此回路中设置了旁通阀，为了保持油箱内油液的清洁度，设置了回油过滤器。当过滤器污物指示器发出信号后可在不停车的情况下关闭截止阀进行更换。回油将通过旁通阀注入油箱，电磁溢流阀可实现无负荷起动及卸荷等功能，泵出口设置的胶管可降低系统振动

表 22.3-2　变量泵-安全阀液压源回路

分类	回路图形	说　明
简化回路	P T	变量泵在运转过程中可以实现排量调节，使用变量泵作为液压源可在没有溢流损失的情况下使系统正常工作。但为安全起见，一般都在泵出口接一个溢流阀作为安全阀，以限定安全压力。这种液压源回路性能好，效率高。缺点是结构复杂，价格较贵。本回路所用变量泵指限压式、恒功率、恒压、恒流量、伺服变量泵等，但不包括手动变量泵

（续）

分类	回 路 图 形	说　　明
一般回路		在简化回路的基础上可根据实际需要增设不同附件，满足主机对液压系统的各种要求。如增设加热器、冷却器及温度仪表可对液压源中工作介质温度进行控制。旁通阀、截止阀及高压胶管等是为安全、维护、减振等功能所设置的

2.3　高低压双泵液压源回路（见表 22.3-3）

表 22.3-3　高低压双泵液压源回路

分类	回 路 图 形	说　　明
双泵回路		1 为高压小流量泵，2 为低压大流量泵。溢流阀 5 控制泵 1 的供油压力，它是根据系统所需的最大工作压力调定的。卸荷阀 3 的调定压力比溢流阀 5 的调定压力低，但要比液压系统所需的最低工作压力高。当系统中的执行机构所克服的负载较小而要求运动速度较快时，泵 2 和泵 1 同时向系统供油；当外负载增加而要求执行机构运动速度较慢时，系统工作压力升高，卸荷阀 3 打开，泵 2 卸荷，系统由泵 1 单独供油
双联泵回路		此回路工作原理与双泵回路相同，回路中采用双联复合泵及先导式卸荷阀，动作过程同上

2.4　多泵并联供油液压源回路（见表 22.3-4）

表 22.3-4　多泵并联供油液压源回路

分类	回 路 图 形	说　　明
简化回路		多泵并联供油回路中泵的数量依据系统流量需要而确定。或根据长期连续运转工况，要求液压系统设置备用泵，一旦发现故障及时起动备用泵或采用多泵轮换工作制延长液压源使用和维护周期。各泵出口的溢流阀也可采用电磁溢流阀，使泵具有卸荷功能，各泵调定压力应该相同，单向阀可以起到使不工作的泵不受压力油的作用，系统压力由主油路溢流阀设定，各泵口的溢流阀调定压力要高于系统压力

2.5 闭式系统液压源回路(见表22.3-5)

表22.3-5 闭式系统液压源回路

分类	回路图形	说明
闭式回路		在双流向变量泵闭式油源回路中，泵的输出流量供给执行机构，来自执行机构的回油接到泵的吸油侧。高压侧压力由溢流阀进行控制，经单向阀向吸油侧补充油液
补油泵回路		在闭式回路中，一般设置补油泵向吸油侧进行升压补油。有的补油泵复合在柱塞泵内部。在补油泵的出口设置了管路过滤器，对油液进行净化

2.6 辅助泵供油液压源回路(见表22.3-6)

表22.3-6 辅助泵供油液压源回路

分类	回路图形	说明
简化回路		有时为达到液压系统所要求的较高性能，选取了自吸能力很低的高压泵，故采用辅助泵供油来保证主泵可靠吸油。图中1为主泵，3为辅助泵。溢流阀4调定辅助泵供油压力，压力大小以保证主泵可靠吸油为原则，一般为0.5MPa左右。要求辅助泵自吸性好，流量脉动小

2.7 辅助循环泵液压源回路(见表22.3-7)

表22.3-7 辅助循环泵液压源回路

分类	回路	说明
一般回路		为了提高对系统污染度及温度的控制，该液压源采用了独立的过滤、冷却循环回路。即使主系统不工作，采用这种结构，同样可以对系统进行过滤和冷却，主要用于对液压介质的污染度和温度要求较高且较重要的场合
带压力油箱回路		该回路用于水下作业或环境条件恶劣的场合。油箱采用全封闭式设计，由充气装置向油箱提供经过滤的压缩空气，使箱内压力大于环境压力，防止传动介质被污染并可改善液压泵吸油状况。充气压力可根据环境条件来确定

3　压力控制回路

压力控制回路是以控制系统及各支路压力，使之完成特定功能的回路。压力控制回路种类很多，在设计液压系统、选择液压基本回路时，一定要根据设计、主机工艺要求、方案特点、适用场合等认真考虑。在一个工作循环的某一段时间内各支路均不需要所提供的液压能时则考虑采用卸荷回路；当某支路需要稳定的低于动力油源的压力时，应考虑减压回路；当载荷变化较大时，应考虑多级压力控制回路；当有惯性较大的运动部件容易产生冲击时，应考虑缓冲或制动回路；在有升降运动部件的液压系统中，应考虑平衡回路等。

3.1　调压回路

调压回路(见表 22.3-8)是指控制整个液压系统或系统局部支路油液压力，使之保持恒定或限制其最高值。液压系统中的压力调定必须与载荷相适应，才能既满足主机要求又减少动力损耗。这就要通过调压回路来实现。

表 22.3-8　调压回路

分类	回 路 图 形	说　　明
压力调定回路		压力调定回路是最基本的调压回路。溢流阀的调定压力应该大于液压缸的最大工作压力，其中包含液压管路上的各种压力损失
远程调压回路	至系统	将远程调压阀接在主溢流阀的遥控口上，调节阀即可调节系统工作压力。主溢流阀用来调定系统的安全压力值
无级调压回路	至系统	根据电液比例溢流阀的调定压力与输入电流成比例，连续改变比例溢流阀的输入电流可实现系统压力的无级调压
多级调压回路	2 3 4 1	当液压系统需要多级压力控制时，可采用此回路。图中主溢流阀 1 的遥控口通过三位四通电磁阀 4 分别与远程调压阀 2 和 3 相接。换向阀中位时，系统压力由溢流阀 1 调定。换向阀左位得电时，系统压力由阀 2 调定，右位得电时由阀 3 调定。因而系统可设置三种压力值。注意，远程调压阀 2、3 的调定压力必须低于主溢流阀 1 的调定压力

（续）

分类	回路图形	说明
用插装阀组调压回路		本回路由插装阀1、带有先导调压阀的控制盖板2、可叠加的调压阀3和三位四通阀4组成，具有高低压选择和卸荷控制功能。插装阀组成的调压回路适用于大流量的液压系统
用变量泵调压回路		采用非限压式变量泵1时，系统的最高压力由安全阀2限定，安全阀一般采用直动型溢流阀为好；当采用限压式变量泵时，系统的最高压力由泵调节，其值为泵处于无流量输出时的压力值

3.2　减压回路

减压回路(见表22.3-9)的作用在于使系统中部分支路得到比油源供油压力低的稳定压力。

3.3　增压回路

增压回路(见表22.3-10)用于使系统中某支路中的压力高于油源的工作压力。采用增压回路比选用高压大流量液压油源要经济得多。

表22.3-9　减压回路

分类	回路图形	说明
一级减压回路		在液压系统中，当某个支路所需要的工作压力低于油源设定的压力值时，可采用一级减压回路。液压泵的最大工作压力由溢流阀1调定，液压缸3的工作压力则由减压阀2调定。一般情况下，减压阀的调定压力要在0.5MPa以上，但又要低于溢流阀1的调定压力0.5MPa以上，这样可使减压阀出口压力保持在一个稳定的范围内
二级减压回路		在减压阀2的遥控口通过电磁阀4接入小规格调压阀3，便可获得两种稳定的低压。减压阀2的出口压力由其本身设定。当电磁阀4通电时，减压阀2的出口压力就由调压阀3设定，1为安全阀
无级减压回路		连续改变电液比例先导减压阀的输入电流，该支路即可得到低于系统工作压力的连续无级调节压力

（续）

分类	回路图形	说明
无级减压回路	1 2	用比例先导压力阀 1 接在减压阀 2 的遥控口上，使分支油路实现连续无级减压
多级减压回路	15MPa 8MPa 20MPa	在同一液压源供油的系统里可以设置多个不同工作压力的减压回路。图示：两个缸分别以 15MPa 和 8MPa 工作时可分别用各自的减压阀进行控制

表 22. 3-10　增压回路

分类	回路图形	说明
单作用增压器增压回路	1 2	单作用增压回路，一般只适用于液压缸单方向需要很大的力和行程较短的场合。图中增压器 1 的活塞左行时，其高压腔经单向阀从高位油箱内补油，缸 2 的活塞在内部弹簧作用下回程。当增压器的活塞右行时，其高压腔输出高压油，从而使缸 2 输出较大的力
双作用增压器增压回路	5 6 2 A B 3 4 1	在图示情况下，增压器 2 的活塞右行，其高压腔 B 经单向阀 6 输出高压油，反之，当电磁阀通电时，增压器的高压腔 A 经单向阀 5 输出高压油。只要电磁阀 1 不断地切换，双作用增压器 2 就能不断地输出高压油
增力回路	1 2	增力回路是通过双缸的联动来增大夹紧力的。当活塞前进时顺序阀关闭，压力油仅进入缸 2，实现快速前进，缸 1 经单向阀从油箱吸油。活塞杆接触工件后回路压力上升，顺序阀开启，压力油进入缸 1，压力上升到溢流阀的设定压力，产生很大的夹紧力。夹紧力等于两个缸推力之和。回程时两缸都经换向阀回油

（续）

分类	回路图形	说　　明
用液压泵增压回路		本回路多用于起重机的液压系统。液压泵2和3由液压马达4驱动，泵1与泵2或泵3串联，从而实现增压
用液压马达增压回路		液压马达1、2的轴为刚性连接，马达2出口通油箱，马达1出口通液压缸3的左腔。若马达进口压力为p_1，则马达1出口压力$p_2=(1+\alpha)p_1$，α为两马达的排量之比，即$\alpha=q_2/q_1$，例如：若$\alpha=2$，则$p_2=3p_1$，实现了增压的目的 当马达2采用变量马达时，则可通过改变其排量q_2来改变增压压力p_2。阀4用来使活塞快速退回。本回路适用于现有液压泵不能实现的而又需要连续高压的场合

3.4　保压回路

机器工作循环中的某一阶段、要求执行机构保持工况规定的压力时需采用保压回路(见表22.3-11)。

3.5　卸荷回路

卸荷回路(见表22.3-12)的作用是使液压泵处于无载荷运转状态，在执行元件工作间歇(或停止工作)时，将不需要液压能，或自动将液压泵排出油液卸回油箱，以便达到减少动力消耗和降低系统发热的目的。

3.6　平衡回路

平衡回路(见表22.3-13)作用是在下降机构中，为了防止超速下降，并能使之在任何位置上停止，起到安全保护功能。

表22.3-11　保压回路

分类	回路图形	说　　明
用辅助泵保压回路		在夹紧装置回路中，夹紧缸移动时，小泵Ⅰ和大泵Ⅱ同时供油。夹紧后，小泵Ⅰ压力升高，打开顺序阀1，使夹紧缸夹紧并保压。此后进给缸快进，泵Ⅰ和Ⅱ同时供油。慢进时，油压升至阀3所调压力，阀3打开，泵Ⅱ卸荷，泵Ⅰ单独供油，供油压力由阀2调节

（续）

分类	回 路 图 形	说　明
压力补偿变量泵保压回路		在夹紧装置或液压机等需要保压的油路中，采用压力补偿变量泵保压，可使压力稳定，而且效率较高。这是因为，压力补偿变量泵具有流量随工作压力的升高而自动减小的特性。保压时液压泵的输出流量能满足系统的泄漏量，并能长时间保持液压缸中的压力
蓄能器保压回路		当回路压力上升到设定压力时，电磁阀复位，使泵卸荷运行。此时靠蓄能器来补充液压缸无杆腔中的内泄并保持压力，蓄能器容量要根据内泄漏量的大小及保压时间的长短而定
辅助泵保压回路		泵 1 为大流量泵，泵 2 为辅助泵，其流量较小。当电磁阀 3 左侧投入工作时，两位四通电磁阀 3 通电，泵 1 和泵 2 同时向液压缸供油，使活塞快速移动。随着液压缸载荷的增加，系统工作压力也将增加。当达到压力继电器设定压力时，电磁阀 3 复中位，液压泵 1 经电磁阀卸荷。此时，液压泵 2 继续向系统供油，保持系统压力。因泵 2 的流量较小，保压过程中所需功率较小，不会导致系统严重发热
液控单向阀保压回路		在液控单向阀保压回路中，当液压缸保压行程终了时，系统压力升高。同时压力继电器控制电磁阀 1 回中位，电磁阀 2 使液压泵卸荷。依靠液控单向阀的密封性能对液压缸无杆腔实现保压

表 22.3-12 卸荷回路

分类	回路图形	说明
用换向阀卸荷回路		该回路简单，一般适用于流量较小的系统中。对于压力较高、流量较大(大于3.5MPa,30L/min)的系统，回路将会产生冲击。图中所示为用三位四通M型换向阀进行卸荷的回路。换向阀也可用H型、K型，均能达到卸荷目的。本回路不适用于一泵驱动多个液压缸的多支路场合 本回路一般采用手动或电液换向阀以减少液压冲击
卸荷阀卸荷回路		当电磁铁1YA得电时，泵和蓄能器同时向液压缸左腔供油，推动活塞右移，接触工件后，系统压力升高。当系统压力升高到卸荷阀1的调定值时，卸荷阀打开，液压泵通过卸荷阀卸荷，而系统压力用蓄能器保持。若蓄能器压力降低到允许的最小值时，卸荷阀关闭，液压泵重新向蓄能器和液压缸供油，以保证液压缸左腔的压力在允许的范围内。溢流阀2当安全阀用
二位二通阀卸荷回路		液压泵的出油口经二位二通电磁阀与油箱相通。图示位置，液压泵卸荷。当二位二通电磁阀通电时，液压泵升压。在该回路中，二位二通电磁阀应能通过泵的全部流量
电磁溢流阀卸荷回路		卸荷回路中，当液压执行机构停止运动时，可控制电磁溢流阀使液压泵卸荷
卸荷阀卸荷回路		卸荷回路中，执行机构快速运动时，高、低压泵同时供油；当系统压力升高时卸荷阀动作，低压泵卸荷

表 22. 3-13　平衡回路

分类	回路图形	说　明
用液控单向阀的平衡回路		液压缸停止运动时，依靠液控单向阀的反向密封性，能锁紧运动部件，防止自行下滑。回路通常都串入单向节流阀 2，起到控制活塞下行速度的作用。以防止液压缸下行时产生的冲击及振荡
直控平衡阀的平衡回路		调整直控平衡阀 1 的开启压力，使其稍大于因液压缸活塞及其工作部件的自重在下腔所产生的背压，即可防止活塞及其工作部件的自行下滑。当液压缸活塞下行时，回油腔有一定的背压，所以运动平稳，但功率损耗较大
远控平衡阀的平衡回路		该回路适用于平衡重量变化较大的液压机械，如液压起重机、升降机等。但它也存在平衡性较差甚至产生振荡的可能，调整节流阀 2 可在一定程度上避免产生振荡，1 为远控平衡阀
用单向节流阀的平衡回路		该回路是用单向节流阀 4 和换向阀 3 组成的平衡回路。液压缸活塞杆上有外载荷 W，换向阀处于左位时，回油路上的节流阀处于调速状态。适当调节单向节流阀 4 节流口，就可防止超速下降。换向阀处于中位时，液压缸进出口被封死，活塞可停住。但这种回路受载荷大小影响，使下降速度不稳定。如将阀 4 用单向调速阀代替，效果明显提高。这种平衡回路常用于对速度稳定性及锁紧要求不高、功率不大或功率虽然较大但工作不频繁的定量泵油路中。例如用于货轮仓口盖的启闭、铲车的升降、电梯及升降平台的升降等液压系统中

3.7 缓冲回路

当执行机构质量较大、运行速度较高时，若突然换向或停止时，会产生很大的冲击和振动。为了减少或消除冲击，除了对执行机构本身采取一些措施外，就是在液压系统上采取一些办法实现，这种回路称为缓冲回路(见表22.3-14)。

3.8 卸压回路

卸压回路(见表22.3-15)的作用在于使执行元件高压腔中的压力缓慢地释放，避免突然释放所引起的振动和冲击。

表22.3-14 缓冲回路

分类	回路图形	说明
溢流阀的缓冲回路		在液压缸的两侧管路上设置直动式溢流阀(作为安全阀使用)以减缓或消除液压缸活塞换向时产生的液压冲击，图中的单向阀起补油作用
电液换向阀缓冲回路	A B P X Y T	调节主阀与先导换向阀之间的双单向节流阀开口量，限制流入主阀控制腔的流量，从而延长主阀芯换向时间，达到缓冲目的
用节流阀缓冲回路	4, 5 3 2 1 1 4YA 3YA 2YA 1YA C	节流缓冲回路是将节流阀1安装在进出油口的支路上，因活塞杆上有凸块4或5，当其运动时碰到行程开关2或3时，电磁阀3YA或4YA断电，单向节流阀开始节流，实现液压缸的缓冲，根据要求调整行程开关的安放位置，可实现液压缸在往复行程时的缓冲
蓄能器缓冲回路		蓄能器用于吸收因外负载突然变化使液压缸发生位移而产生的液压冲击。当冲击太大蓄能器吸收容量有限时，可由安全阀消除
采用调速阀的缓冲回路	F 2YA 1YA A B E G 3YA C D	当液压缸运动停止前，活塞杆碰行程开关，使3YA断电，调速阀D投入工作，活塞减速，达到缓冲目的。二位二通换向阀G是为了使活塞快速运动而设置的。调速阀由于减压阀作用预先处于工作状态，从而起到了避免液压缸活塞前冲的作用

（续）

分类	回 路 图 形	说　明
用液压缸缓冲回路		用缓冲液压缸组成的缓冲回路，对于液压回路没有特殊的要求，缓冲动作可靠，但对缓冲液压缸的行程设计要求严格，不容易变换，适合于缓冲行程位置固定的工作场合，故限制了适用的范围。其缓冲效果由缓冲液压缸的缓冲装置调整

表 22. 3-15　卸压回路

分类	回 路 图 形	说　明
节流阀卸压回路	2 1	泄压时先使换向阀左位接通，液压缸有杆腔升压，首先使阀 1 开启，液压缸上腔经节流阀泄压，当压力达到顺序阀调定压力时，阀 2 开启，主缸活塞回程。泄压速度取决于节流阀开度的大小及顺序阀调定压力值的大小
先导式液控单向阀卸压回路	2　P_2 K 1　P_1	在先导式液控单向阀中主阀芯内又复合一个小单向阀芯 2，当控制油进入 K 口时控制活塞左行首先推开小单向阀芯 2，使 P_2 腔内高压油卸压，活塞继续左行推开主阀芯 1，使主油路接通。调整控制油路上的单向节流阀开口量，可延长小单向阀芯的卸压时间，达到缓慢卸压的目的
采用顺序阀的泄压回路		此种泄压回路应用较广。卸压时先使三位换向阀左位接通，使油液经过顺序阀和节流阀回油。调整节流阀，使其产生的背压只能推开先导式液控单向阀的先导卸压装置，使主缸上腔卸压。当主缸上腔压力低于顺序阀设定压力时，顺序阀切断油路，系统压力升高打开液控单向阀主阀芯，主缸活塞回程

4　速度控制回路

在液压系统中，一般液压源是共用的，要解决各执行元件的不同速度要求，只能用速度控制回路来调节。

4.1　节流调速回路

节流调速装置简单(见表 22.3-16)，都是通过改变节流口的大小来控制流量，故调速范围大，但由节流引起的能量损失大、效率低，容易引起油液发热。如外负载发生变化，工作稳定性较差。

以节流元件安放在油路上的位置不同，分为进口节流调速、出口节流调速、旁路节流调速及双向节流调速。由于出口节流调速在回油路上产生节流背压，工作平稳，在负性载荷下仍可工作。而进口和旁路节流调速背压为零，工作稳定性差。

表 22.3-16　节流调速回路

分类	回路图形	说　明
进油节流调速回路	v F	进油节流调速回路使用普遍，但是由于执行元件的回油不受限制，所以不宜用在负性负载(负载力方向与运动方向相同)的场合。节流阀应安装在液压执行元件的进油路上，多用于轻载、低速场合。对速度稳定性要求不高时，可以采用节流阀；对速度稳定性要求较高时，应采用调速阀。该回路效率低，功率损失大
回油节流调速回路	v F	节流阀安装在执行元件的回油路上。其特性与进油节流调速回路相同，但回油节流调速回路可以承受负性载荷，速度稳定性好，可用于低速运动的场合。出口节流使执行元件产生背压，使执行元件的输出力减小
进、回油复合节流调速回路		为了提高回路综合性能，实践中常采用进、回油复合节流调速回路，因而兼有两种回路的优点
旁路节流调速回路	v F	把泵的供油流量的一部分经旁通流量控制阀放回油箱，从而调节进入执行元件的流量。常用于速度较高、载荷较大、负载变动较小的场合。但其速度稳定性较低，不宜用在超越负载的场合，效率较进(回)油节流调速回路高

4.2　容积式调速回路

在液压传动系统中，为了达到液压泵输出流量与负载所需流量相一致而无溢流损失的目的，往往采取改变液压泵或改变液压马达或同时改变其有效工作容积进行调速。这种调速回路称为容积调速回路(见表 22.3-17)。

这类回路无节流和溢流能量损失，所以系统不易发热，效率较高，在功率较大的液压传动系统中得到广泛应用。

容积调速回路有定量泵-变量马达、变量泵-定量马达(或液压缸)、变量泵-变量马达回路。如果按油路的型式可分为开式调速回路和闭式调速回路。

在定量泵-变量马达的液压回路中，用变量马达调速。由于液压马达在排量很小时不能正常运转，变量机构不能通过零点。为此，只能采用开式回路。

在变量泵-定量马达的液压回路中，用变量泵调速，变量机构可通过零点实现换向。因此，多应用在闭式回路中。在变量泵-变量马达回路中，可用变量泵换向和调速，以变量马达作为辅助调速，多数用在闭式回路中。

在变量泵-定量马达、定量泵-变量马达回路中，可分别采用恒功率变量泵和恒功率变量马达实现恒功率调节。对大功率的变量泵和变量马达或调节性能要求较高时，则采用手动伺服或电动伺服调节。

变量泵-定量马达、液压缸容积式调速回路，随着载荷的增加，使工作部件产生进给速度不稳定状况。因此，只适用于载荷变化不大的液压系统中。当载荷变化较大，速度稳定性要求又高时，可采用容积节流调速回路。

表 22.3-17　容积调速回路

分类	回路图形	说　明
变量泵-定量马达容积调速回路	1 2	变量泵和定量马达构成的容积调速回路，是通过调节变量泵的排量，达到调节液压马达输出转速的目的。在负载转矩一定的条件下，该回路具有输出转矩恒定的特性。图中阀 1 为安全阀，用于限定系统最高压力；阀 2 用于调节补油压力。由于没有溢流损失和节流损失，故系统效率高，发热少，多用于大功率系统中
变量泵和液压缸组成的容积调速回路	5 1　3　4　2	该容积调速回路，通过改变泵的排量，改变液压缸的运动速度。两个溢流阀分别用作安全阀，两个单向阀则分别用于自吸补油，而手动换向阀 5 则可使液压泵卸荷，或使液压缸处于浮动状态
定量泵-变量马达容积调速回路		定量泵和变量马达构成的容积调速回路，是通过调节液压马达的排量，达到改变液压马达输出转速的目的。在负载转矩一定的条件下，该回路具有输出功率恒定的特性
变量泵-变量马达容积调速回路	1　2 3	变量泵和变量马达组成的容积调速回路，是通过调节变量泵、变量马达的排量，达到改变液压马达输出转速的目的。图中溢流阀 1、2 为安全阀，用于限定系统最高压力；溢流阀 3 用于调节补油压力

4.3 容积节流调速回路

容积节流调速回路(见表22.3-18)是由变量泵与节流阀或调速阀配合进行调速的回路。

采用变量泵与节流阀或调速阀相配合就可以提高其速度的稳定性。即实现执行元件(液压缸或液压马达)的速度不随载荷的变化而变化。因此，适用于对速度稳定性要求较高的场合。

表22.3-18 容积节流调速回路

分类	回路图形	说明
限压式变量泵-调速阀容积节流调速回路		限压式变量泵和调速阀构成的容积节流调速回路，当液压缸快进时，变量泵处于最大输出流量；当液压缸工进时，其工进速度由调速阀确定，且泵的供油压力和流量在工作进给和快速行程时能自动变换，以减少功率消耗和系统的发热。要保证该回路正常工作，必须使液压泵的工作压力满足调速阀工作时所需的压力降
压力反馈式变量泵一节流阀容积节流调速回路		压力反馈式变量柱塞泵和节流阀构成的容积节流调速回路。当液压缸工进时，工进速度由节流阀调定，压力反馈式变量柱塞泵的输出流量与液压缸速度相适应。系统压力随载荷而变化，系统效率较高(溢流阀作为安全阀使用时,液压缸回程需另加换向阀,此图仅表示工进状态)
差压变量泵-节流阀容积节流调速回路	3 2 e 1	差压式变量叶片泵和节流阀组成的容积节流调速回路，当液压缸工进时，工进速度由节流阀调定，差压式变量泵的输出流量与液压缸速度相适应。系统压力随载荷而变化，该系统效率高。图中阀2为背压阀，用于提高输出速度的稳定性
压力补偿变量泵和流量阀调速回路		本回路采用压力补偿泵与节流阀联合调速。变量泵的变量机构与节流阀的油口相连。液压缸向右为工作行程，油口压力随着节流阀开口量小而增加，泵的流量亦自动减小，并与通过节流阀的流量相适应。如果快进时，油口压力趋于零，则泵的流量最大。泵输出压力随载荷而变化，泵的流量基本上与载荷无关

4.4　增速回路

增速回路(见表 22.3-19)是指不加大液压泵的流量，而使执行元件速度增加的回路。一般采用增速缸、差动缸、蓄能器、液压缸充液等方法来实现。

4.5　减速回路

减速回路(见表 22.3-20)是使执行元件由额定速度平缓地降低速度，以达到减速的目的。

表 22.3-19　增速回路

分类	回路图形	说　　明
差动连接增速回路		当手动换向阀处于左位时，液压缸为差动连接，活塞快速向右运行。设液压泵供给液压缸的流量为 q_v，液压缸无杆腔和有杆腔的有效作用面积分别为 A_1 和 A_2，则液压缸活塞的运动速度为 $v=q_v/(A_1-A_2)$
辅助缸增速回路	1 2 3 4 5 6	此回路在大中型液压机液压系统中普遍使用。当三位四通手动阀 1 处于右位时，压力油直接进入有效作用面积较小的辅助缸 5 和 6 的上腔(因快速运动时，负载压力较小,因而顺序阀 3 关闭)，使主缸和辅助缸的活塞同时快速下降。主缸上腔经液控单向阀 4 自高位油箱自吸补油。当接触工件后，工作压力升高到顺序阀 3 的设定压力时，顺序阀打开，压力油同时进入主缸和辅助缸，实现慢速压制工况，2 为平衡阀
自重补油增速回路	1 2 3 4	垂直安装的液压缸，与活塞相连接的工作部件的质量较大时，可采用自重补油快速回路。当换向阀处于右位时，若活塞下降所需流量大于液压泵的供油量，液压缸上腔呈现负压，液控单向阀 1 打开，辅助油箱 2 里的油液补入液压缸上腔，活塞快速下行。当接触工件后，液压缸上腔压力升高，液控单向阀 1 关闭，开始工作行程。用单向节流阀 4 来调节活塞快速下行时的速度
增速缸的增速回路	Ⅱ Ⅰ B A	当换向阀 A 处于左位时，液压泵只向增速缸的 1 腔供油，因其有效面积较小，因而活塞快速向右运动。此时，液压缸的Ⅱ腔经二位三通电磁阀 B 从油箱自吸补油。当活塞快速运动到设定位置时，行程开关发信号，使二位三通电磁阀 B 通电，使液压泵输出的液压油同时进入Ⅰ、Ⅱ腔，此时，Ⅱ腔活塞的有效作用面积大，实现慢速进给工况
蓄能器增速回路		电磁换向阀处于中位时，蓄能器充油；当换向阀处于左位时，液压泵和蓄能器同时向液压缸供油，实现快速进给

表 22.3-20　减速回路

分类	回路图形	说　　明
用行程阀和调速阀的减速回路		当二位四通电磁阀通电时，在活塞杆右端的撞块压下行程阀之前，液压缸活塞快速向右运动。当行程阀2的阀芯被压下后，液压缸右腔的油只能经调速阀3流出，实现减速，当二位四通电磁阀断电时，活塞快速退回
电磁阀和调速阀的减速回路		当三位四通电磁阀左位时，若两位两通电磁阀通电，此时液压缸为差动连接，则液压缸活塞快速向右运动。需要说明的是，液压缸右腔的油会有一部分经调速阀流回油箱，影响快进速度。因此，调速阀的节流口需开得小些。当液压缸活塞向右快进到设定位置时，可使两位两通电磁阀断电，则活塞减速，变为工进
用行程节流阀的减速回路		用两个行程节流阀可实现液压缸双向减速的目的。前进时活塞杆上的撞块碰到行程阀时，行程阀内的通流阀口逐渐减小，达到逐渐减速的目的
用比例调速阀组成的减速回路		本回路为用比例调速阀组成的减速回路，通过比例调速阀控制液压缸活塞减速。根据减速行程的要求，通过发信装置，使输入比例阀的电流减小，比例阀的开口量随之关小，活塞运行的速度降低。这种减速回路，速度变换平稳，并适合远程控制

4.6　二次进给回路

二次进给回路（见表22.3-21）是指第一进给速度和第二进给速度分别用各自的调速阀由电磁阀来进行速度切换。

4.7　比例阀连续调速回路

由比例调速阀组成的连续调速回路（见表22.3-22），往往在对速度变化频繁的液压系统中被采用。

表 22.3-21　二次进给回路

分类	回路图形	说　　明
调速阀并联的二次进给回路		调速阀并联的二次进给回路是指第一进给速度和第二进给速度分别用各自的调速阀。若二位四通电磁换向阀1和二位二通电磁阀2均处于左位、二位三通阀3处于右位时，液压缸活塞以一种工进速度右行；若二位三通阀3处于左位时，液压缸活塞以另一种工进速度右行，完成两种工进速度的转换。这种回路中的两个调速阀互不影响，其缺点是，当由第一进给速度转换为第二进给速度时，会出现工作部件的前冲现象

（续）

分类	回 路 图 形	说　　明
调速阀串联的二次进给回路	4YA 3YA 1YA 2YA	当电磁铁 1YA 和 3YA 得电时，液压缸活塞以第一进给速度运动。运行过程中，若使 4YA 通电，则压力油需先后流经两个调速阀才进入液压缸的无杆腔，并且第二个调速阀的节流口比第一个调速阀的节流口调得小，从而实现了第二进给速度

表 22. 3-22　比例阀连续调速回路

分类	回 路 图 形	说　　明
比例阀连续调速回路		采用比例调速阀组成的速度控制回路，可实现对执行机构的连续或程序化速度控制

5　同步控制回路

在液压系统中要求两个或多个液压执行元件以相同的位移或相同的速度(或固定的速度比)同步运行时，就需用同步回路。

在同步回路的设计中，还必须考虑到执行元件所受到载荷不均衡，摩擦阻力不相同，泄漏量有差别，制造上的差异等都会影响同步精度。为了弥补上述影响，应采取必要的措施。

5. 1　机械同步回路(见表 22. 3-23)

表 22. 3-23　机械同步回路

分类	回 路 图 形	说　　明
机械连接同步回路		液压缸机械连接方式同步回路，采用刚性梁、齿条、齿轮等将液压缸连接起来。该回路简单，工作可靠，但只适用于两缸载荷相差不大的场合，连接件应具有良好的导向结构和刚性，否则，会出现卡死现象
滑道式同步回路		用刚性梁将两个液压缸活塞杆刚性连接，使梁具有较合理的刚性及导向长度，在光滑具有较小间隙的刚性滑道中运动，实现液压缸的位移同步。多用于负载较大的金属打包机系统中

（续）

分类	回路图形	说明
齿轮齿条式同步回路		用刚性梁、齿条、齿轮将两个液压缸活塞杆刚性连接的同步回路，可实现液压缸的位移同步。这种回路简单、方便、可靠，但同步精度较低，不能用于负载较大的系统中

5.2　流量控制同步回路(见表22.3-24)

表22.3-24　流量控制同步回路

分类	回路图形	说明
调速阀同步回路		图中采用了四个单向阀组成的流量调整板，不管液压缸的活塞伸出还是缩回，液流始终单方向流经调速阀。图中，活塞伸出为进油节流调速，下降时为回油节流调速。调节调速阀的开度，可使两液压缸保持同步，同步精度一般可达5%～10%
分流阀同步回路		当换向阀A和C均为左位时，液压泵输出的液压油流经分流阀后被分成两股相等的流量，又因两液压缸活塞面积相同，所以两缸的活塞保持同步上升。换向阀A和C均为右位时，则两缸活塞同步下降。同步精度一般可达2%～5%
分流集流阀同步回路		使用分流集流阀，既可以使两液压缸的进油流量相等，又可使两液压缸的回油流量相等，从而实现两液压缸往返同步。使用分流集流阀，只能保证速度同步，同步精度一般为2%～5%。图中采用两个并联的分流集流阀，是为了满足两个液压缸流量的需要。使用分流集流阀(包括分流阀或集流阀)的同步回路，因阀内压降较大，一般不宜使用在低压系统中
电液比例调速阀同步回路		每个液压缸与流量调整板相连，由电液比例调速阀控制速度跟踪另一液压缸的速度使双缸位移同步。其位置同步精度通常可达0.5mm

（续）

分类	回 路 图 形	说　　明
三缸同步回路		使用两个规格适宜的分流集流阀，按图示连接，可以保持三只液压缸的速度同步，它利用该阀分流和集流流量一致的特性。该回路同步精度仅为 5% ~ 10%，功率损耗较大
四缸同步回路		三个分流集流阀按图示连接，阀 1 通过的流量是阀 2 流量的两倍，在阀 1 分流基础上再经过阀 2 分流并分别控制四只液压缸的同步。该回路压力损失大，只适用于中高压系统，同步精度仅为 6% ~12%
伺服阀同步回路		用位移传感器来检测两个缸的位置误差，用伺服阀控制纠正误差调整所需的流量，这是一种带反馈的闭环同步控制回路，液压缸的位置误差会产生活动部件倾斜，用位移传感器检测钢带活动端位置，h 值的变化，经过放大器比较后再反馈到伺服阀，实现缸的位置同步，这种带反馈的闭环同步控制回路可以得到很高的同步精度

5.3　容积控制同步回路（见表 22.3-25）

表 22.3-25　容积控制同步回路

分类	回 路 图 形	说　　明
同步缸同步回路		同步缸缸径及两个活塞的尺寸完全相同并共用一个活塞杆。当同步缸工作时，出入同步缸的流量相等，可同时向两个液压缸供油，实现位移同步。图中同步缸容积大于液压缸容积，两个单向阀和背压阀是为了提高同步精度的放油装置，其同步精度可达 2% ~5%。同步精度主要取决于缸的加工精度及密封性能

（续）

分类	回 路 图 形	说 明
并联马达同步回路		将两个同轴等排量马达分别与两个有效作用面积相同的液压缸相连，以实现液压缸1和2双向位移同步，用单向阀和溢流阀组成的安全补油回路可在行程终点消除位置误差。如两个液压缸的活塞上升时，若缸1的活塞先到达终点，则流经马达A的压力油可经单向阀和溢流阀(作安全阀用)流回油箱，使缸2的活塞也能到达终点。若液压缸下降时，如缸1先到终点，则马达A可通过单向阀从油箱自吸补油，缸2排出的油则流经马达B，使缸2也能到达终点。其同步精度可达到2%～5%
		将两个节流阀分别与两个排量相等的马达并联在一起。用以消除两个液压缸在行程终点的位置误差。可实现液压缸1和2的双向同步。如两缸活塞上升时，若缸1的活塞先到达终点，则两个马达都将停止运动，液压泵输出的压力油可经节流阀4继续供给液压缸2，使其也到达终点。下降时，消除位置误差的原理同上
液压缸串联同步回路		两只规格相同的双活塞杆液压缸，串联相接，因液压缸作用面积、工作容积均相等。当三位四通阀左侧得电时，缸1下腔排出的油液进入缸2的上腔，两液压缸同步下行；当三位四通阀右侧得电时，液压缸1、液压缸2同步上行，当两缸同步产生误差时，依靠四只行程开关及1YA、2YA电磁阀可消除累积误差。因液压缸串联，其推力减小
		两只行程相同的液压缸，缸1的有杆腔有效面积A_1等于缸2无杆腔有效面积A_2时，将其按图示串联相接，可组成容积控制同步回路，当1YA得电，缸1上腔排出的油液进入缸2的下腔，两液压缸同步上行。当2YA、3YA同时得电，两液压缸同步下行。当两缸同步产生误差时，依靠四只行程开关及3个二位四通电磁阀，可以消除累积误差。因液压缸串联，故推力减小
用泵同步回路		采用两个等排量的泵，同轴连接，分别向两个液压缸供油，实现两缸同步运行。在要求同步运行时，两个换向阀应同时动作；当需要消除液压缸终点位置误差时，两个换向阀可单独动作。本回路的精度取决于两个泵的容积效率，排量差异及两缸载荷不同等因素。一般采用容积效率稳定的柱塞泵

6　方向控制回路

控制执行元件的起动、停止或改变运动方向或控制液流通断或改变方向均需采用方向控制回路。实现方向控制的基本方法有阀控、泵控和元件控制。阀控主要是采用方向控制阀分配液流；泵控是采用双向定量泵或双向变量泵改变液流的方向和流量；执行元件控制是采用双向液压马达来改变液流的方向。

6.1　换向回路(见表22.3-26)

表22.3-26　换向回路

分类	回路图形	说　明
换向阀换向回路		换向回路一般都采用换向阀来换向。换向阀的控制方式和中位机能依据主机需要及系统组成的合理性等因素来选择。该回路采用三位四通电液换向阀，主换向阀在右位或在左位时，液压缸活塞向左或向右运动，主换向阀处于中位时，液压缸活塞停止运动，液压泵可依靠阀中位机能实现卸荷功能
多路阀换向回路		本回路为采用多路换向阀组成的串联换向回路，各换向阀进油路串联。上游阀不在中位时，下游阀的进油口被切断，这种组合阀总是只有一个阀在工作，实现了阀之间的互锁。若上游阀在进行微动调节时，下游阀还能够进行执行元件的动作操作
液控换向回路	A B	液压缸活塞移动时，当先导行程阀A的顶杆与活塞杆上的凸轮接触，A阀换向，控制主阀B换向。其特点：可实现远距离操纵，对电气控制有危险的地点，也能可靠工作
比例方向阀换向回路	2 1	本回路是用比例电液阀换向的控制回路。用比例电液换向阀1控制液压缸2的运动方向和速度，改变比例电液阀电磁铁的通电、断电状态，就可以改变液压缸的运动方向，改变输入比例电液阀电磁铁的电流大小，就可以改变液压缸的运行速度。本回路比常规阀组成的同功能换向回路平稳，无冲击，工作可靠

（续）

分类	回路图形	说　明
双向泵换向回路	P K Y	当双向液压泵左侧油口排油时，液压缸活塞右行，通过调节变量机构(使斜盘倾斜方向或偏心方向改变)，使双向液压泵右侧油口排油时，液压缸活塞左行。图中阀K为安全阀，Y为补油泵溢流阀，P为背压阀

6.2　锁紧回路(见表22.3-27)

表22.3-27　锁紧回路

分类	回路图形	说　明
用换向阀锁紧的回路	A B	因受换向阀内泄漏的影响，采用换向阀锁紧，锁紧精度较低
用单向阀锁紧的回路		当液压泵停止工作时，液压缸活塞向右方向的运动被单向阀锁紧，向左方向则可以运动。只有当活塞向左移动到极限位置时，才能实现双向锁紧。这种回路的锁紧精度也受换向阀内泄漏量的影响
液控单向阀锁紧回路		当换向阀处于中位时，使液控单向阀进口及控制油口与油箱相通，液控单向阀迅速封闭，液压缸活塞向左方向的运动被液控单向阀锁紧，向右方向则可以运动，故仅能实现单向锁紧
双液控单向阀锁紧回路	Ⅰ Ⅱ K_1 K_2	在工程机械液压系统中常用此类锁紧回路。当三位四通电磁换向阀处于中位时，两个液控单向阀进油及控制油口都与油箱相通，使两个液控单向阀迅速关闭，可实现对液压缸的双向锁紧

6.3　顺序动作回路(见表 22.3-28)

表 22.3-28　顺序动作回路

分类	回路图形	说　明
顺序阀控制的顺序动作回路		靠顺序阀压力来控制液压缸按 1→2→3→4 的顺序动作，当电磁换向阀 5 未通电时，缸 1 活塞右行至终点；系统压力上升至顺序阀 4 开启压力时，缸 2 活塞右行。当电磁换向阀通电时，缸 2 活塞左行，缸 2 活塞左行至终点；系统压力上升至顺序阀 3 开启压力时，缸 1 活塞左行。为了保证动作顺序的可靠性，顺序阀的调定压力应比前一个动作所需压力高出 1MPa 左右。该回路增加了功率损失
行程阀控制的顺序动作回路		在图示状态时首先使电磁阀 3 通电，则液压缸 1 的活塞向右运动。当活塞杆上的挡块压下行程阀 4 时，行程阀 4 换向，使缸 2 的活塞向右运动。电磁阀 3 断电后，液压缸 1 的活塞向左运动，当行程阀 4 复位后，液压缸 2 的活塞也退回到左端。完成了所要求的顺序动作采用行程阀的顺序动作回路，具有顺序动作可靠，但想改变动作顺序较困难
压力继电器控制的顺序动作回路		工作循环开始时，1YA 通电，缸 1 活塞右行至终点；当压力升高到压力继电器 3 的调定压力时，3YA 通电，缸 2 活塞右行至终点；3YA 断电、4YA 通电，缸 2 活塞左行至终点；当压力升高到压力继电器 4 的调定压力时，1YA 断电、2YA 通电，缸 1 活塞退回原位。为了确保动作顺序的可靠性，压力继电器的调定压力应比前一动作液压缸所需最大工作压力高出 0.5MPa 以上
负载压力决定的顺序动作回路		W_1 和 W_2 分别为液压缸Ⅰ和Ⅱ的负载，p_1 和 p_2 分别为它们的负载压力。若 $p_1 < p_2$，则在图示情况下，必然是缸Ⅰ的活塞首先上升，其行程结束时，系统压力升高，上升到 p_2 时，液压缸Ⅱ的活塞才开始上升。这种顺序动作回路突出的优点是简单，但受负载变化的影响大。当两缸负载压力差较小时，不能实现可靠的顺序动作
行程开关控制的顺序动作回路		工作循环开始时，1YT 通电，缸 1 活塞右行；当机械挡块压下行程开关 2XK 时，使 2YT 通电，缸 2 活塞右行；当行程开关 3XK 被挡块压下时，1YT 断电，缸 1 活塞左行，当挡块压下行程开关 1XK 时，2YT 断电，缸 2 活塞左行，完成预定的工作循环。这种顺序动作回路可通过变更电气线路改变动作顺序。该回路顺序动作可靠，所以在液压系统中应用很广

7　液压马达回路

7.1　马达制动回路

由于运动部件具有惯性，为使执行元件平稳地由运动状态转换成静止状态，为防止制动冲击，需采用制动回路(见表 22.3-29)。

7.2　马达浮动回路(见表 22.3-30)

表 22.3-29　马达制动回路

分类	回 路 图 形	说　　明
远程调压阀制动回路		当电磁换向阀通电时，液压马达工作；电磁换向阀断电时，液压马达制动
溢流桥制动回路		采用溢流桥可实现马达的制动。当换向阀回中位时，液压马达在惯性作用下有继续转动的趋势，它此时所排出的高压油经单向阀由溢流阀限压，另一侧靠单向阀从油箱吸油。该回路中的溢流阀既限制了换向阀回中位时引起的液压冲击，又可以使马达平稳制动。还需指出，图中溢流桥出入口的四个单向阀，除构成制动油路外，还起到对马达的自吸补油作用
用顺序阀制动回路		本回路应用于液压马达产生负的载荷时的工况。四通阀切换到下位时，若液压马达为正载荷，则顺序阀由于压力油作用而被打开；但当液压马达为负的载荷时，液压马达入口侧的油压降低，顺序阀起制动作用。如四通阀处于中位，则泵卸荷，液压马达停止
用制动组件制动回路		采用制动组件 A、B 或 C 组成的制动回路，在执行元件正反转时都能实现制动作用 当主油路压力超过溢流阀调定压力时，溢流阀被打开，在液压系统中起安全阀作用。减速时变量泵的排油量减至最小，但由于载荷的惯性作用使马达转为泵的工况，出口产生高压，此时溢流阀起缓冲和制动作用 回路中通过单向阀从油箱补油。从而避免液压马达产生吸空现象 制动组件用于开式回路时，组件内溢流阀调定压力，要比限制液压泵输出压力的溢流阀的调定值高 0.5～1MPa
制动器制动回路		制动器一般都采用常闭式，即向制动器供压力油时，制动器打开；反之，则在弹簧力作用下使马达制动。本回路在液压泵的出口和制动缸之间接有单向节流阀。当换向阀在左位和右位时，压力油需经节流阀进入制动缸，故制动器缓慢打开，使液压马达平稳起动。当需要制动时，换向阀置于中位，制动缸里的油经单向阀排回油箱，故可实现快速制动

（续）

分类	回路图形	说　　明
电磁溢流阀制动回路		本回路为用电磁溢流阀的制动回路。以两个电磁阀分别操纵两个溢流阀的遥控口，电磁阀 1 用于减速或制动，电磁阀 2 用于加速或液压泵卸荷
溢流阀制动回路		在图示系统中，手动换向阀在中位时液压泵卸压，液压马达滑行停止，处于浮动状态，手动换向阀在上位时，液压马达工作；手动换向阀在下位时，液压马达制动
溢流阀双向制动回路		双向马达可采用双溢流阀来实现双向制动，当换向阀回中位时，马达在惯性的作用下，使一侧压力升高，此时靠每侧的溢流阀限压，减缓液压冲击。马达制动过程中另一侧呈负压状态，由溢流阀限压时溢流出的油液进行补充，从而实现马达制动

表 22. 3-30　马达浮动回路

分类	回路图形	说　　明
中位机能浮动回路		所谓浮动，就是把液压马达两腔短接起来，两腔没有压差，在外负载的作用下，只需克服马达内部零件之间的摩擦阻力即可使马达转动。液压马达浮动是利用换向阀 H 型中位机能来实现的

第 4 章　液压传动系统设计计算

液压传动系统是液压机械的组成部分，液压传动系统的设计要同主机的总体设计同时进行。着手设计时，必须从实际情况出发，有机地结合各种传动型式，充分发挥液压传动的优点，力求设计出结构简单、工作可靠、成本低、效率高、操作简单、维修方便的液压传动系统。

1　液压系统的设计流程

液压系统的设计流程并无严格的顺序，各步骤间往往要相互穿插进行。一般来说，在明确设计要求之后，设计流程如下：

1）确定液压执行元件的型式。

2）进行工况分析，确定系统的主要参数。

3）制定基本方案，拟定液压系统原理图。

4）选择液压元件。

5）液压系统的性能验算。

6）绘制工作图，编制技术文件。

1.1　明确设计要求

设计要求是进行每项工程设计的依据。在制定基本方案并进一步着手液压系统各部分设计之前，必须把设计要求以及与该设计内容有关的其他方面了解清楚。

1）主机的概况：用途、性能、工艺流程、作业环境、总体布局等。

2）液压系统要完成哪些动作，动作顺序及彼此联锁关系如何。

3）液压驱动机构的运动型式，运动速度。

4）各动作机构的负载大小及其性质。

5）对调速范围、运动平稳性、转换精度等性能方面的要求。

6）自动化程度、操作控制方式的要求。

7）对防尘、防爆、防寒、噪声、安全可靠性的要求。

8）对效率、成本等方面的要求。

1.2　进行工况分析、确定液压系统的主要参数

通过工况分析，可以看出液压执行元件在工作过程中速度和负载的变化情况，为确定系统及各执行元件的参数提供依据。

液压系统的主要参数是压力和流量，它们是设计液压系统、选择液压元件的主要依据。压力决定于外负载。流量取决于液压执行元件的运动速度和结构尺寸。

1.2.1　负载分析计算

（1）液压缸负载分析计算

以图 22.4-1 为例，F_W 是作用在活塞杆上的外部负载，F_m 是活塞与缸壁以及活塞杆与导向套之间的摩擦阻力。

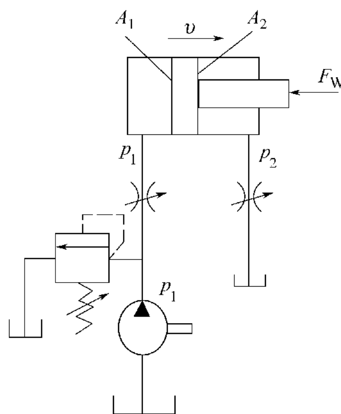


图 22.4-1　液压系统计算简图

作用在活塞杆上的外部负载包括工作负载 F_g、导轨的摩擦力 F_f 和由于速度变化而产生的惯性力 F_a。

1）工作负载 F_g。常见的工作负载有作用于活塞杆轴线上的切削力、挤压力等。其作用方向与活塞运动方向相同时为负负载或称超越负载，与活塞运动方向相反为正负载。

2）导轨摩擦负载 F_f

对于平导轨

$$F_f = \mu(G + F_N) \tag{22.4-1}$$

对于 V 形导轨

$$F_f = \mu(G + F_N)/\sin\frac{\alpha}{2} \tag{22.4-2}$$

式中　G——运动部件所受的重力(N)；

F_N——外载荷作用于导轨上的正压力(N)；

μ——摩擦因数，见表 22.4-1；

α——V 形导轨的夹角，一般为 90°。

3）惯性载荷 F_a

$$F_a = m\frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{22.4-3}$$

式中　Δv——速度变化量($m \cdot s^{-1}$)；

Δt——起动或制动时间(s)。一般机械 $\Delta t = 0.1 \sim 0.5s$，对轻载低速运动部件取小值，对重载高速部件取大值。行走机械一般取 $\frac{\Delta v}{\Delta t} = 0.5 \sim 1.5m/s^2$。

表 22.4-1　摩擦因数 μ

导轨类型	导轨材料	运动状态	摩擦因数
滑动导轨	铸铁对铸铁	起动时	0.15～0.20
		低速（$v < 0.16m/s$）	0.1～0.12
		高速（$v > 0.16m/s$）	0.05～0.08
滚动导轨	铸铁对滚柱（珠）		0.005～0.02
	淬火钢导轨对滚柱		0.003～0.006
静压导轨	铸铁		0.005

以上三种载荷之和称为液压缸的外载荷 F_W。

起动加速时　$F_W = F_g + F_f + F_a$　(22.4-4)

稳态运动时　$F_W = F_g + F_f$　(22.4-5)

减速制动时　$F_W = F_g + F_f - F_a$　(22.4-6)

除外载荷 F_W 外，作用于活塞上的载荷 F 还包括液压缸密封处的摩擦阻力 F_m，由于各种缸的密封材质和密封形式不同，密封阻力难以精确计算，一般估算为

$$F_m = (1 - \eta_m)F \tag{22.4-7}$$

式中　η_m——液压缸的机械效率，一般取0.90～0.95。

$$F = \frac{F_W}{\eta_m} \tag{22.4-8}$$

(2) 液压马达负载分析计算

1) 工作负载力矩 T_g。常见的负载力矩有被驱动轮的阻力矩、液压卷筒的阻力矩等。

2) 轴颈摩擦力矩 T_f

$$T_f = \mu G r \tag{22.4-9}$$

式中　G——旋转部件施加于轴颈上的径向力(N)；

μ——摩擦因数，参考表 22.4-1 选用；

r——旋转轴的半径(m)。

3) 惯性力矩 T_a

$$T_a = J\varepsilon = J\frac{\Delta\omega}{\Delta t} \tag{22.4-10}$$

式中　ε——角加速度($rad \cdot s^{-2}$)；

$\Delta\omega$——角速度变化量($rad \cdot s^{-1}$)；

Δt——起动或制动时间(s)；

J——回转部件的转动惯量($kg \cdot m^2$)。

起动加速时

$$T_W = T_g + T_f + T_a \tag{22.4-11}$$

稳定运行时

$$T_W = T_g + T_f \tag{22.4-12}$$

减速制动时

$$T_W = T_g + T_f - T_a \tag{22.4-13}$$

计算液压马达负载转矩 T 时还要考虑密封摩擦力矩，一般情况下，液压马达的机械效率 η_m（$\eta_m = 0.9 \sim 0.99$）。

$$T = \frac{T_W}{\eta_m} \tag{22.4-14}$$

根据液压缸或液压马达各阶段的负载，绘制出执行元件的负载循环图，以便进一步选择系统工作压力和确定其他有关参数。

1.2.2　初选系统工作压力

压力的选择要根据负载大小和设备类型而定。还要考虑执行元件的安装空间、经济条件及元件供应情况等的限制。在负载一定的情况下，工作压力选低，执行元件的结构尺寸加大；压力选得太高，元件成本增加，特殊情况下可能造成元件选择采购方面的困难。一般来说，对于不同应用场合的液压系统工作压力的选择可参考表 22.4-2 和表 22.4-3。

表 22.4-2　按负载选择工作压力

负载/kN	<5	5～10	10～20	20～30	30～50	>50
工作压力/MPa	<0.8～1	1.5～2	2.5～3	3～4	4～5	≥5

表 22.4-3　各种机械常用的系统工作压力

机械类型	机床				农业机械	液压机
	磨床	组合机床	龙门刨床	拉床	小型工程机械 建筑机械 液压凿岩机	大中型挖掘机 重型机械 起重运输机械
工作压力/MPa	0.8～2	3～5	2～8	8～10	10～18	20～32

1.2.3 计算液压缸的主要结构尺寸和液压马达的排量

(1) 计算液压缸的主要结构尺寸

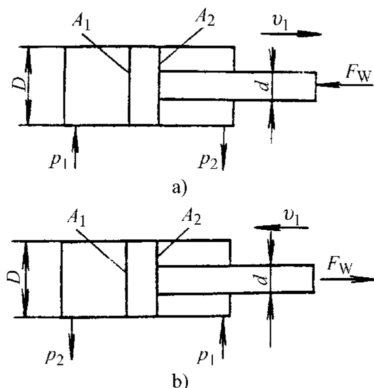


图 22.4-2　液压缸主要设计参数

液压缸主要设计参数见图 22.4-2。图 a 为活塞杆工作在受压状态，图 b 为活塞杆工作在受拉状态。

活塞杆受压时　$F=\dfrac{F_W}{\eta_m}=p_1A_1-p_2A_2$　(22.4-15)

活塞杆受拉时　$F=\dfrac{F_W}{\eta_m}=p_1A_2-p_2A_1$　(22.4-16)

式中　$A_1=\dfrac{\pi}{4}D^2$——无杆腔活塞有效作用面积(m^2)；

$A_2=\dfrac{\pi}{4}(D^2-d^2)$——有杆腔活塞有效作用面积($m^2$)；

p_1——液压缸工作腔压力(Pa)；

p_2——液压缸回油腔压力，即背压(Pa)，其值根据回路的具体情况而定，初算时可参照表 22.4-4取值，差动连接时要另行考虑；

D——活塞直径(m)；

d——活塞杆直径(m)。

表 22.4-4　执行元件背压

系 统 类 型	背压/MPa
简单系统或轻载节流调速系统	0.2 ~ 0.5
回油路带调速阀的系统	0.4 ~ 0.6
回油路设置有背压阀的系统	0.5 ~ 1.5
用补油泵的闭式回路	0.8 ~ 1.5
回油路较复杂的工程机械	1.2 ~ 3
回油路较短，且直接回油箱	可忽略不计

一般，液压缸在受压状态下工作，其活塞面积为

$$A_1=\frac{F+p_2A_2}{p_1} \quad (22.4\text{-}17)$$

运用式(22.4-17)须先确定 A_1 与 A_2 的关系，或是活塞杆径 d 与活塞直径 D 的关系，一般可根据液压缸速度比 $\varphi=\dfrac{v_2}{v_1}=\dfrac{D^2}{D^2-d^2}$进行计算，其比值可按表 22.6-65 选取。

$$D=\sqrt{\frac{4F}{\pi\left(p_1-\dfrac{p_2}{\varphi}\right)}} \quad (22.4\text{-}18)$$

采用差动连接，如要求往返速度相同时，应取$d=0.71D$。

对行程与活塞杆直径比 $l/d>10$ 的受压柱塞或活塞杆，还要做压杆稳定性验算。

当工作速度很低时，还须按最低速度要求验算液压缸尺寸

$$A\geqslant\frac{q_{V\min}}{v_{\min}}$$

式中　A——液压缸有效工作面积(m^2)；

$q_{V\min}$——系统最小稳定流量($m^3\cdot s^{-1}$)，在节流调速中取决于回路中所设调速阀或节流阀的最小稳定流量，容积调速中决定于变量泵或变量马达的最小稳定流量；

$v_{\min}$——运动机构要求的最小工作速度($m\cdot s^{-1}$)。

如果液压缸的有效工作面积A不能满足最低稳定速度的要求，则应按最低稳定速度确定液压缸的结构尺寸。

液压缸直径 D 和活塞杆直径 d 的计算值要按国家标准规定的液压缸的有关标准进行圆整，选用标准液压缸。常用液压缸内径及活塞杆直径见表 22.1-9 和表 22.1-10。

(2) 计算液压马达的排量

液压马达的排量为

$$V=\frac{2\pi T}{\Delta p}$$

式中　T——液压马达的负载转矩(N·m)；

$\Delta p=p_2-p_1$——液压马达的进出口压差(Pa)。

液压马达的排量也应满足最低转速要求

$$V\geqslant\frac{q_{V\min}}{n_{\min}}$$

式中　$q_{V\min}$——通过液压马达的最小流量；

$n_{\min}$——液压马达工作时的最低转速。

1.2.4 计算液压缸或液压马达所需流量

(1) 液压缸工作时所需流量

$$q_V=Av \quad (22.4\text{-}19)$$

式中　A——液压缸有效作用面积(m^2)；

v——活塞与缸体的相对速度($m\cdot s^{-1}$)。

（2）液压马达的流量

$$q_V = Vn_m \qquad (22.4\text{-}20)$$

式中　V——液压马达排量（$m^3 \cdot r^{-1}$）；

n_m——液压马达的转速（$r \cdot s^{-1}$）。

1.2.5　绘制液压系统工况图

工况图包括压力循环图、流量循环图和功率循环图。它们是调整系统参数、选择液压元件的依据。

1）压力循环图——p-t 图。通过最后确定的液压执行元件的结构尺寸，再根据实际负载，计算出液压执行元件在动作循环各阶段的工作压力，绘制成 p-t图。

2）流量循环图——q_V-t 图。根据已确定的液压缸有效工作面积或液压马达的排量，结合其运动速度算出工作循环中各阶段的流量，绘制成 q_V-t 图。若系统中有多个液压执行元件同时工作，要把各自的流量图叠加起来绘出总的流量循环图。

3）功率循环图——P-t 图。绘出压力循环图和总流量循环图后，根据 $P = pq_V$，即可绘出系统的功率循环图。

1.3　制定基本方案和绘制液压系统图

1.3.1　制定基本方案

（1）制定调速方案

速度控制通过改变液压执行元件输入或输出的流量或者利用密封空间的容积变化来实现。相应的调速方式有节流调速、容积调速以及二者的结合——容积节流调速。

节流调速一般采用定量泵供油，用流量控制阀改变输入或输出液压执行元件的流量来调节速度。此种调速方式结构简单，由于这种系统必须用溢流阀，故效率低，发热量大，多用于功率不大的场合。

容积调速是靠改变液压泵或液压马达的排量来达到调速的目的。其优点是没有溢流损失和节流损失，效率较高。但为了散热和补充泄漏，需要有辅助泵。此种调速方式适用于功率大、流量大的液压系统。

容积节流调速一般是用变量泵供油，用流量控制阀调节输入或输出液压执行元件的流量。此种调速回路效率较高，速度稳定性较好，但其结构比较复杂。

（2）制定压力控制方案

一般在节流调速系统中，通常由定量泵供油，用溢流阀调节所需压力，并保持恒定。在容积调速系统中，用变量泵供油，用安全阀起安全保护作用。在有些液压系统中，有时需要流量不大的高压油，这时可考虑用增压回路得到高压，而不用单设高压泵。液压执行元件在工作循环中，某段时间不需要供油，而又不便停泵的情况下，需考虑选择卸荷回路。

在系统的某个局部，工作压力需低于主油源压力时，要考虑采用减压回路来获得所需的工作压力。

（3）制定顺序动作方案

主机各执行机构的顺序动作，根据设备类型不同，有的按固定程序运行，有的不然。工程机械的操纵机构多为手动，一般用手动多路换向阀控制。加工机械的各执行机构的顺序动作多采用行程控制，当工作部件移动到一定位置时，通过电气行程开关等发出电信号给电磁铁推动电磁阀或直接压下行程阀来控制连续的动作。行程开关安装比较方便，而用行程阀需连接相应的油路，因此只适用于管路连接比较方便的场合。

另外还有时间控制、压力控制等。例如液压泵空载起动，经过一段时间，当泵正常运转后，使卸荷阀关闭，建立起正常的工作压力。压力控制多用在带有液压夹具的机床、挤压机、压力机等场合。当某一执行元件完成预定动作时，回路中的压力达到一定值，通过压力继电器等元件发出信号或打开顺序阀使压力油通过，起动下一个动作。

（4）选择液压动力源

液压系统的工作介质完全由液压源来提供。在无其他辅助油源的情况下，节流调速系统液压泵的供油量要大于系统的需油量，多余的油经溢流阀流回油箱，溢流阀同时起到控制并稳定油源压力的作用。容积调速系统多用变量泵供油，用安全阀限定系统的最高压力。

为提高效率，液压泵的供油量要尽量与系统所需流量相匹配。

1.3.2　绘制液压系统图

整机的液压系统图由拟定好的控制回路及液压源组合而成。各回路相互组合时要去掉重复多余的元件，力求系统结构简单。注意各元件间的联锁关系，避免误动作发生。要尽量减少能量损失环节。提高系统的工作效率。

为便于液压系统的维护和监测，在系统中的主要管段要设置必要的检测元件（如压力表、压力传感器、温度计等）。

大型设备的关键部位，要有备用操作机构，以便意外事件发生时能迅速更换，保证主机连续工作。

各液压元件尽量采用通用标准型号，在图中要按国家标准规定的液压元件职能符号的常态位置绘

制。对于自行设计的非标准元件可用结构原理图绘制。

系统图中应注明各液压执行元件的名称和动作，注明各液压元件的序号以及各电磁铁的代号，并附有电磁铁、行程阀及其他控制元件的动作表。

1.4　液压元件的选择与专用件设计

1.4.1　液压泵的选择

1）确定液压泵的最大工作压力 p_{p}

$$p_{\mathrm{p}} \geqslant p_1 + \sum \Delta p \qquad (22.4\text{-}21)$$

式中　p_1——液压缸或液压马达最大工作压力（MPa）；

$\sum \Delta p$——从液压泵出口到液压缸或液压马达入口之间总的管路损失。

$\sum \Delta p$ 的准确计算要待元件选定并绘出管路图时才能进行，初算时可按经验数据选取：管路简单、流速不大的，取 $\sum \Delta p = 0.2 \sim 0.5\mathrm{MPa}$；

管路复杂，串联有调速阀的，取 $\sum \Delta p = 0.5 \sim 1.5\mathrm{MPa}$。

2）确定液压泵的流量 q_{Vp}。多液压缸或液压马达同时工作时，液压泵的输出流量应为

$$q_{\mathrm{Vp}} \geqslant K\left(\sum q_{\mathrm{Vmax}}\right) \qquad (22.4\text{-}22)$$

式中　K——系统泄漏系数，一般取 $K = 1.1 \sim 1.3$；

$\sum q_{\mathrm{Vmax}}$——同时动作的液压缸或液压马达的最大总流量，可从 q_{V}-t 图上查得。对于在工作过程中用节流调速的系统，还须加上溢流阀的最小溢流量，一般取 $0.5 \times 10^{-4}\mathrm{m^3/s}$。

系统使用蓄能器作辅助动力源时

$$q_{\mathrm{Vp}} \geqslant \sum_{i=1}^{z} \frac{V_i K}{T} \qquad (22.4\text{-}23)$$

式中　K——系统泄漏系数，一般取 $K = 1.2$；

T——液压设备工作周期（s）；

V_i——每一个液压缸或液压马达在工作周期中的总耗油量（$\mathrm{m^3}$）；

z——液压缸或液压马达的个数。

3）确定液压泵的型号。根据以上求得的 p_{p} 和 q_{Vp}值，按系统中拟定的液压泵的型式，从产品样本或本手册中选择相应的液压泵。为使液压泵有一定的压力储备，所选泵的额定压力一般要比最大工作压力大25%～60%。

4）确定液压泵的驱动功率。在工作循环中，如果液压泵的压力和流量比较恒定，即 p-t 图、q_{V}-t 图变化较平缓，则

$$P = \frac{p_{\mathrm{p}} q_{\mathrm{Vp}}}{\eta_{\mathrm{P}}} \qquad (22.4\text{-}24)$$

式中　p_{p}——液压泵的最大工作压力（Pa）；

q_{Vp}——液压泵的流量（$\mathrm{m^3 \cdot s^{-1}}$）；

η_{P}——液压泵的总效率，参考表22.4-5选择。

表22.4-5　液压泵的总效率

液压泵类型	齿轮泵	螺杆泵	叶片泵	柱塞泵
总效率	0.6～0.7	0.65～0.80	0.60～0.75	0.80～0.85

限压式变量叶片泵的驱动功率，可按流量特性曲线拐点处的流量、压力值计算。一般情况下，可取 $p_{\mathrm{p}} = 0.8 p_{\mathrm{pmax}}$，则

$$P = \frac{0.8 p_{\mathrm{pmax}} q_{\mathrm{VN}}}{\eta_{\mathrm{P}}} \qquad (22.4\text{-}25)$$

式中　p_{pmax}——液压泵的最大工作压力（Pa）；

q_{VN}——液压泵的额定流量（$\mathrm{m^3 \cdot s^{-1}}$）。

在工作循环中，如果液压泵的流量和压力变化较大，即 p-t 图、q_{V}-t 图曲线起伏变化较大，则须分别计算出各个动作阶段内所需功率，驱动功率取其平均功率

$$P_{\mathrm{PC}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \cdots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \cdots + t_n}} \qquad (22.4\text{-}26)$$

式中　t_1、t_2、…、t_n——一个循环中每一动作阶段内所需的时间（s）；

P_1、P_2、…、P_n——一个循环中每一动作阶段内所需的功率（W）。

按平均功率选出电动机功率后，还要验算一下每一阶段内电动机超载量是否都在允许范围内。电动机允许的短时间超载量一般为25%。

1.4.2　液压阀的选择

根据系统的工作压力和实际通过该阀的最大流量，选择相应型号的阀。溢流阀按液压泵的最大流量选取；选择节流阀和调速阀时，要考虑最小稳定流量应满足执行机构最低稳定速度的要求。阀的流量一般要选得比实际通过的流量大一些，必要时也允许有120%以内的短时间过流量。

从产品样本或本手册中选择相应的液压阀，有的阀型号中参数较多，应逐项落实，以免造成安装调试与使用中的不便。

1.4.3　蓄能器的选择

根据蓄能器在液压系统中的作用，确定其主要参数和型号。

1）液压执行元件短时间快速运动，由蓄能器来

补充供油，其有效工作容积为

$$\Delta V=\sum A_i l_i K-q_{VP}t \qquad (22.4\text{-}27)$$

式中　A_i——液压缸有效作用面积(m^2)；

l_i——液压缸行程(m)；

K——油液损失系数，一般取 $K=1.2$；

q_{VP}——液压泵流量($m^3\cdot s^{-1}$)；

t——动作时间(s)。

2）作应急能源，其有效工作容积为

$$\Delta V=\sum A_i l_i K \qquad (22.4\text{-}28)$$

式中　$A_i l_i$——要求应急动作液压缸总的工作容积(m^3)。

有效工作容积算出后，根据有关蓄能器的相应计算公式，求出蓄能器的容积，再根据其他性能要求，参照样本或本手册选定蓄能器规格型号。

1.4.4　管道尺寸的确定

（1）管道内径计算

$$d=\sqrt{\frac{4q_V}{\pi v}} \qquad (22.4\text{-}29)$$

式中　q_V——通过管道内的流量($m^3\cdot s^{-1}$)；

v——管内允许流速($m\cdot s^{-1}$)，见表 22.4-6。

计算出内径 d 后，按标准系列选取相应的管子。

表 22.4-6　允许流速推荐值

管　　道	推荐流速/$m\cdot s^{-1}$
液压泵吸油管道	0.5~1.5，一般常取 1 以下
液压系统压油管道	3~6，压力高，管道短，粘度小取大值
液压系统回油管道	1.5~2.6

（2）管道壁厚 δ 的计算

$$\delta=\frac{pd}{2[\sigma]} \qquad (22.4\text{-}30)$$

式中　p——管道内最高工作压力(Pa)；

d——管道内径(m)；

$[\sigma]$——管道材料的许用应力(Pa)，$[\sigma]=\frac{\sigma_b}{n}$；

σ_b——管道材料的抗拉强度(Pa)；

n——安全系数，对于钢管，$p<7$MPa 时，取 $n=8$；$p<17.5$MPa 时，取 $n=6$；$p>17.5$MPa 时，取 $n=4$。

1.4.5　油箱容量的确定

初步设计时，先按经验公式(22.4-31)确定油箱的容量，待系统确定后，再按散热的要求进行校核。

油箱容量的经验公式为

$$V=aq_V \qquad (22.4\text{-}31)$$

式中　q_V——液压泵每分钟排出压力油的容积(m^3)；

a——经验系数，见表 22.4-7。

表 22.4-7　经验系数 a

系统类型	行走机械	低压系统	中压系统	锻压机械	冶金机械
a	1~2	2~4	5~7	6~12	10

在确定油箱尺寸时，一方面要满足系统供油的要求，还要保证执行元件全部排油时，油箱中油液不能溢出，以及系统中最大可能充满油时，油箱的油位不低于最低限度。

1.5　液压系统性能验算

液压系统初步设计是在某些估计参数情况下进行的，当各回路型式、液压元件及连接管路等完全确定后，应当对系统进行性能验算，计算液压回路各段压力损失、容积损失、系统效率、压力冲击和发热温升等。如果某项参数达不到设计要求，就要对设计进行调整或采取相应措施，保证系统能够可靠地正常工作。

1.5.1　液压系统压力损失计算

液压系统压力损失包括管路的沿程损失 Δp_1、管路的局部压力损失 Δp_2 和阀类元件的局部损失 Δp_3，总的压力损失为

$$\Delta p=\Delta p_1+\Delta p_2+\Delta p_3 \qquad (22.4\text{-}32)$$

$$\Delta p_1=\lambda\frac{l}{d}\frac{\rho v^2}{2} \qquad (22.4\text{-}33)$$

$$\Delta p_2=\zeta\frac{\rho v^2}{2} \qquad (22.4\text{-}34)$$

式中　l——管道的长度(m)；

d——管道内径(m)；

v——液流平均速度($m\cdot s^{-1}$)；

ρ——液压介质密度($kg\cdot m^{-3}$)；

λ——沿程阻力系数；

ζ——局部阻力系数。

λ、ζ 的具体值可参考流体力学部分的有关内容。

$$\Delta p_3=\Delta p_n\left(\frac{q_V}{q_{VN}}\right)^2 \qquad (22.4\text{-}35)$$

式中　q_V——通过阀的实际流量($m^3\cdot s^{-1}$)；

q_{VN}——阀的额定流量($m^3\cdot s^{-1}$)；

Δp_n——阀的额定压力损失(MPa)。

对于泵到执行元件间的压力损失，如果计算出的

Δp 比选泵时估计的管路损失大很多时，应该重新调整泵及其他有关元件的规格尺寸等参数。

系统的调整压力

$$p_T \geqslant p_1 + \Delta p \tag{22.4-36}$$

式中 p_1——液压缸或液压马达最大工作压力（MPa）；

p_T——液压泵的工作压力或支路的调整压力（MPa）。

1.5.2 液压系统的发热温升计算

（1）计算液压系统的发热功率

液压系统工作时，除执行元件驱动外负载输出有效功率外，其余功率损失全部转化为热量，使油温升高。液压系统的功率损失主要有以下几种型式：

1）液压泵的功率损失

$$P_{h1} = \frac{1}{T_t}\sum_{i=1}^{z} P_{ri}(1-\eta_{Pi})t_i \tag{22.4-37}$$

式中 T_t——工作循环周期（s）；

z——投入工作液压泵的台数；

P_{ri}——液压泵的输入功率（W）；

η_{Pi}——各台液压泵的总效率；

t_i——第 i 台泵工作时间（s）。

2）液压执行元件的功率损失

$$P_{h2} = \frac{1}{T_t}\sum_{j=1}^{M} P_{rj}(1-\eta_j)t_j \tag{22.4-38}$$

式中 M——液压执行元件的数量；

P_{rj}——液压执行元件的输入功率（W）；

η_j——液压执行元件的效率；

t_j——第 j 个执行元件工作时间（s）。

3）溢流阀的功率损失

$$P_{h3} = p_y q_{Vy} \tag{22.4-39}$$

式中 p_y——溢流阀的调整压力（Pa）；

q_{Vy}——经溢流阀流回油箱的流量（$m^3 \cdot s^{-1}$）。

4）油液流经阀或管路的功率损失

$$P_{h4} = \Delta p q_V \tag{22.4-40}$$

式中 Δp——通过阀或管路的压力损失（Pa）；

q_V——通过阀或管路的流量（$m^3 \cdot s^{-1}$）。

由以上各种损失构成了整个系统的功率损失，即液压系统的发热功率

$$P_{hr} = P_{h1} + P_{h2} + P_{h3} + P_{h4} \tag{22.4-41}$$

式（22.4-41）适用于回路比较简单的液压系统，对于复杂系统，为方便计算可用下式计算发热功率

$$P_{hr} = P_r - P_c \tag{22.4-42}$$

式中，P_r 是液压系统的总输入功率；P_c 是输出的有效功率。

$$P_r = \frac{1}{T_t}\sum_{i=1}^{z}\frac{p_i q_{Vi} t_i}{\eta_{Pi}} \tag{22.4-43}$$

$$P_c = \frac{1}{T_t}\left(\sum_{i=1}^{n} F_{Wi}s_i + \sum_{j=1}^{m} T_{Wj}\omega_j t_j\right) \tag{22.4-44}$$

式中 T_t——工作周期（s）；

z、n、m——液压泵、液压缸、液压马达的数量；

p_i、q_{Vi}、η_{Pi}——第 i 台泵的实际输出压力、流量、效率；

t_i——第 i 台泵工作时间（s）；

T_{Wj}、ω_j、t_j——液压马达的负载转矩（N·m）、转速（$rad \cdot s^{-1}$）、工作时间（s）；

F_{Wi}、s_i——液压缸负载（N）及驱动此负载的行程（m）。

（2）计算液压系统的散热功率

液压系统的散热主要靠油箱表面，如果管路较长，用式（22.4-41）计算发热功率时，也应考虑管路散热。

$$P_{hc} = (K_1A_1 + K_2A_2)\Delta T \tag{22.4-45}$$

式中 K_1——油箱散热系数，见表22.4-8；

K_2——管道散热系数，见表22.4-9；

A_1、A_2——油箱、管道的散热面积（m^2）；

ΔT——油温与环境温度之差（℃）。

表22.4-8 油箱散热系数 K_1

[$W \cdot (m^2 \cdot ℃)^{-1}$]

冷却条件	K_1
通风条件很差	8～9
通风条件良好	15～17
用风扇冷却	23
循环水强制冷却	110～170

表22.4-9 管道散热系数 K_2

[$W \cdot (m^2 \cdot ℃)^{-1}$]

风速 /$m \cdot s^{-1}$	管道外径/m		
	0.01	0.05	0.1
0	8	6	5
1	25	14	10
5	69	40	23

若系统达到热平衡，则 $P_{hr} = P_{hc}$，油温不再升高，此时最大温差为

$$\Delta T = \frac{P_{hr}}{K_1A_1 + K_2A_2} \tag{22.4-46}$$

环境温度为 T_0，则油温 $T = T_0 + \Delta T$。如果计算出的油温超过该液压设备允许的最高油温（各种机械允许油温见表22.4-10），就要设法增大散热面积，如

果油箱的散热面积不能加大，或加大一些也无济于事时，需要配置冷却器。冷却器的散热面积

$$A=\frac{P_{hr}-P_{hc}}{K\Delta t_m} \qquad (22.4\text{-}47)$$

式中　K——冷却器的散热系数；

Δt_m——平均温升(℃)，$\Delta t_m=\frac{T_1+T_2}{2}-\frac{t_1+t_2}{2}$；

T_1、T_2——液压油入口和出口温度；

t_1、t_2——冷却水或风的入口和出口温度。

表 22.4-10　各种机械允许油温（℃）

液压设备类型	正常工作温度	最高允许温度
数控机床	30～50	55～70
一般机床	30～55	55～70
机车车辆	40～60	70～80
船舶	30～60	80～90
冶金机械、液压机	40～70	60～90
工程机械、矿山机械	50～80	70～90

（3）根据散热要求计算油箱容量

式(22.4-46)是在初步确定油箱容积的情况下，验算其散热面积是否满足要求。当系统的发热量确定之后，可根据散热的要求计算油箱的容量。

由式(22.4-46)可得油箱的散热面积为

$$A_1=\frac{\frac{P_{hr}}{\Delta T}-K_2A_2}{K_1} \qquad (22.4\text{-}48)$$

如不考虑管路的散热，式(22.4-48)可简化为

$$A_1=\frac{P_{hr}}{\Delta TK_1} \qquad (22.4\text{-}49)$$

油箱主要设计参数如图 22.4-3 所示。一般油面的高度为油箱高 h 的 0.8 倍，与油直接接触的表面为全散热面，与油不直接接触的表面为半散热面，图示油箱的有效容积和散热面积分别为

$$V=0.8abh \qquad (22.4\text{-}50)$$

$$A_1=1.8h(a+b)+1.5ab \qquad (22.4\text{-}51)$$

若 A_1 求出，再根据结构要求确定 a、b、h 的比例关系，即可确定油箱的主要结构尺寸。

如按散热要求计算出的油箱容积过大，远超出用油量，且又受空间尺寸的限制，则应适当缩小油箱尺寸，增设其他散热措施。

1.5.3　计算液压系统冲击压力

压力冲击是由于管道液流速度急剧改变而形成的。例如液压执行元件在高速运动中突然停止，换向阀的迅速开启和关闭，都会产生远高于静态值的冲击

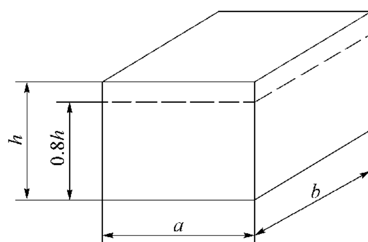


图 22.4-3　油箱结构尺寸

压力。不仅产生振动和噪声，而且会因过高的冲击压力而使管路、液压元件遭到破坏。对系统影响较大的压力冲击常为以下两种型式：

1）当迅速打开或关闭液流通路时，在系统中产生的冲击压力。

直接冲击(即 $t<\tau$)时，管道内压力增大值

$$\Delta p=a_c\rho\Delta v \qquad (22.4\text{-}52)$$

间接冲击(即 $t>\tau$)时，管道内压力增大值

$$\Delta p=a_c\rho\Delta v\frac{\tau}{t} \qquad (22.4\text{-}53)$$

式中　ρ——液体密度($kg\cdot m^{-3}$)；

Δv——关闭或开启液流通道前后管道内流速之差($m\cdot s^{-1}$)；

t——关闭或打开液流通道的时间(s)；

τ——管道长度为 l 时，冲击波往返所需的时间(s)，$\tau=\frac{2l}{a_c}$；

a_c——管道内液流中冲击波的传播速度($m\cdot s^{-1}$)。

若不考虑粘性和管径变化的影响，冲击波在管内的传播速度

$$a_c=\frac{\sqrt{\frac{E_0}{\rho}}}{\sqrt{1+\frac{E_0d}{E\delta}}} \qquad (22.4\text{-}54)$$

式中　E_0——液压介质的体积弹性模量(Pa)，其推荐值为 $E_0=700MPa$；

δ、d——管道的壁厚和内径(m)；

E——管道材料的弹性模量(Pa)，常用管道材料弹性模量：钢 $E=2.1\times10^{11}Pa$，纯铜 $E=1.18\times10^{11}Pa$。

2）液压缸运动速度急剧变化时，由于液体及运动机构的惯性作用而引起的压力冲击，其压力的增大值为

$$\Delta p=\left(\sum l_i\rho\frac{A}{A_i}+\frac{M}{A}\right)\frac{\Delta v}{t} \qquad (22.4\text{-}55)$$

式中　l_i——液流第 i 段管道的长度(m)；

A_i——第 i 段管道的截面积(m^2)；

A——液压缸活塞面积(m^2)；

M——与活塞连动的运动部件质量(kg)；

Δv——液压缸的速度变化量($m\cdot s^{-1}$)；

t——液压缸速度变化 Δv 所需时间(s)。

计算出冲击压力后，此压力与管道的静态压力之和即为此时管道的实际压力。实际压力若比初始设计压力大得多时，要重新校核一下相应部位管道的强度及阀件的承压能力，如不满足，要重新调整。

1.6　设计液压装置，编制技术文件

1.6.1　液压装置总体布局

液压系统总体布局有集中式、分散式。

集中式结构是将整个设备液压系统的油源、控制阀部分独立设置于主机之外或安装在地下，组成液压站。如冷轧机、锻压机、电弧炉等有强烈热源和烟尘污染的冶金设备，一般都是采用集中供油方式。

分散式结构是把液压系统中液压泵、控制调节装置分别安装在设备上适当的地方。机床、工程机械等可移动式设备一般都采用这种结构。

1.6.2　液压阀的配置型式

1）板式配置　板式配置是把板式液压元件用螺钉固定在平板上，板上钻有与阀口对应的孔，通过管接头连接油管而将各阀按系统图接通。这种配置可根据需要灵活改变回路型式。

2）集成式配置　目前液压系统大多数都采用集成型式。它是将液压阀件安装在集成块上，集成块一方面起安装底板作用，另一方面起内部油路作用。这种配置结构紧凑、安装方便。

1.6.3　集成块设计

1）块体结构　集成块的材料一般为锻钢或热轧钢及铸铁，低压固定设备可用铸铁，高压强振场合要用锻钢。块体加工成长方体或正方体。块体内部按系统图的要求，钻有沟通各阀的孔道。

2）集成块结构尺寸的确定　外形尺寸要满足阀件的安装、孔道布置及其他工艺要求。各通油孔的内径要满足允许流速的要求，参照式(22.4-29)确定孔径。一般来说，与阀直接相通的孔径应等于所装阀的油口通径。

油孔之间的壁厚 δ 不能太小，防止因使用过程中压力冲击而击穿，并可防止加工误差造成的误通。对于中低压系统，δ 不得小于 3.5mm，高压系统应更大些。

1.6.4　绘制正式工作图，编写技术文件

液压系统确定后，要绘规范的液压系统图。包括动作循环表和元件的规格型号明细表。图中各元件一般按系统停止位置表示，如特殊需要，也可以按某时刻运动状态画出，但要加以说明。

其他图样资料包括专用零部件(如阀块)图、泵站装配图、管路布置图、操纵机构装配图、电气系统图等。

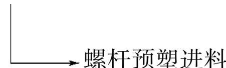
技术文件包括设计任务书、设计说明书和设备的使用、维护说明书等。

2　液压系统设计计算实例——250g 塑料注射机液压系统设计计算

该塑料注射机的工作过程是：粒状塑料通过料斗进入螺旋推进器中，螺杆转动，将料向前推进，同时，因螺杆外装有电加热器，而将料熔化成粘液状态。在此之前，合模机构已将模具闭合，当物料在螺旋推进器前端形成一定压力时，注射机构开始将液状料高压快速注射到模具型腔之中，经一定时间的保压冷却后，开模，把成型的塑料制品顶出。

塑料注射机的工作循环为：

合模—注射—保压—冷却—开模—顶出



其中合模的动作又分为：快速合模、慢速合模、锁模。锁模时间较长，到开模前都是锁模阶段。

2.1　250g 塑料注射机液压系统设计要求及有关设计参数

2.1.1　对液压系统的要求

1）合模运动要平稳，两片模具闭合时不应有冲击。

2）当模具闭合后，合模机构应保持闭合压力，防止注射时将模具冲开。注射后，注射机构应保持注射压力，使塑料充满型腔。

3）预塑进料时，螺杆转动，料被推到螺杆前端，这时螺杆同注射机构一起向后退，为使螺杆前端的塑料有一定的密度，注射机构必须有一定的后退阻力。

4）为保证安全生产，系统应设有安全联锁装置。

2.1.2　液压系统设计参数

250g 塑料注射机液压系统设计参数如下：

螺杆直径　　　　40mm

螺杆行程　200mm
最大注射压力　153MPa
螺杆驱动功率　5kW
螺杆转速　60r/min
注射座行程　230mm
注射座最大推力　27kN
最大合模力(锁模力)　900kN
开模力　49kN
动模板最大行程　350mm
快速闭模速度　0.1m/s
慢速闭模速度　0.02m/s
快速开模速度　0.13m/s
慢速开模速度　0.03m/s
注射速度　0.07m/s
注射座前进速度　0.06m/s
注射座后移速度　0.08m/s

2.2　液压执行元件负载和负载转矩计算

2.2.1　各液压缸的负载计算

1）合模缸的负载　主要是动模及其连动部件的起动惯性力和导轨的摩擦力。

锁模时，其负载就是给定的锁模力。开模时，液压缸要克服给定的开模力及运动部件的摩擦阻力。

2）注射座移动缸的负载　注射座移动缸在推进和退回的过程中，同样要克服摩擦阻力和惯性力，只有当喷嘴接触模具时，才须满足注射座最大推力。

3）注射缸负载　注射缸的负载在整个注射过程中是变化的，计算时，须求出最大负载，即

$$F_W = \frac{\pi}{4}d^2 p$$

式中　d——螺杆直径，由给定参数知：$d=0.04$m；

p——喷嘴处最大注射压力，已知 $p=153$MPa。

可得 $F_W=192$kN。

取液压缸机械效率 0.9，求得作用于活塞上的负载，列于表 22.4-11 中。

表 22.4-11　各液压缸的负载

液压缸名称	工况	液压缸负载 F_W/kN	活塞上负载 F/kN
合模缸	合模	90	100
	锁模	90	1000
	开模	49	55
注射座移动缸	移动	2.7	3
	顶紧	27	30
注射缸	注射	192	213

2.2.2　进料液压马达负载转矩计算

$$T_W = \frac{P_c}{2\pi n} = \frac{5\times10^3}{\frac{2\times3.14\times60}{60}}\text{N}\cdot\text{m} = 796\text{N}\cdot\text{m}$$

取液压马达的机械效率为 0.95，则其负载转矩

$$T = \frac{T_W}{\eta_m} = \frac{796}{0.95}\text{N}\cdot\text{m} = 838\text{N}\cdot\text{m}$$

2.3　液压系统主要参数计算

2.3.1　初选系统工作压力

锁模时负载最大，此时由增压缸供油，其他工况负载都不高，由表 22.4-2 初选系统工作压力为 6.5MPa。

2.3.2　计算液压缸的主要结构尺寸

1）确定合模缸的活塞及活塞杆直径　合模缸最大负载时，为锁模工况，其负载力为 1000kN，工作在活塞杆受压状态。按式(22.4-18)计算活塞直径

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi\left(p_1 - \frac{p_2}{\varphi}\right)}}$$

此时 p_1 是由增压缸提供的增压后的进油压力，初定增压比为 5，则 $p_1=5\times6.5\text{MPa}=32.5\text{MPa}$。锁模工况时，回油流量极小，故 $p_2\approx0$，求得合模缸的活塞直径为

$$D_h = \sqrt{\frac{4\times100\times10^4}{3.14\times32.5\times10^6}}\text{m} = 0.198\text{m}$$

取 $D_h=0.2$m，按表 22.6-65 取 $\varphi=2$，即 $d=0.71D$，则活塞杆直径 $d_h=0.71\times0.2\text{m}=0.142\text{m}$，取 $d_h=0.15$m。

为设计简单、加工方便，将增压缸的缸体与合模缸体做成一体(见图 22.4-4)，增压缸的活塞直径也为 0.2m。其活塞杆直径按增压比为 5，求得

$$d_z = \sqrt{\frac{D_h^2}{5}} = \sqrt{\frac{0.2^2}{5}}\text{m} = 0.089\text{m}$$

取 $d_z=0.09$m。

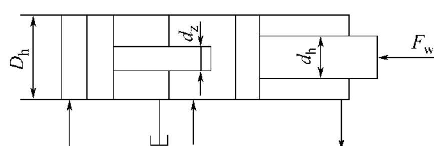


图 22.4-4　合模缸

2）注射座移动缸的活塞和活塞杆直径　注射座

移动缸最大负载为其顶紧之时，此时缸的回油流量虽经节流阀，但流量极小，故背压为零，则其活塞直径为

$$D_y=\sqrt{\frac{4F}{\pi p_1}}=\sqrt{\frac{4\times3\times10^4}{\pi\times6.5\times10^6}}\text{m}=0.076\text{m}$$

取 $D_y=0.1\text{m}$。

由给定参数知，注射座往复速比为 0.08/0.06 = 1.33，查表 22.6-65 得 $d/D=0.5$，则活塞杆直径为

$$d_y=0.5\times0.1\text{m}=0.05\text{m}$$

3）确定注射缸的活塞及活塞杆直径　当液态塑料充满模具型腔时，注射缸的负载达到最大值 213kN，此时注射缸活塞移动速度也近似等于零，回油量极小，故背压力可以忽略不计，这样

$$D_s=\sqrt{\frac{4F}{\pi p}}=\sqrt{\frac{4\times21.3\times10^4}{\pi\times65\times10^6}}\text{m}=0.204\text{m}$$

取 $D_s=0.22\text{m}$，活塞杆的直径一般与螺杆外径相同，取 $d_s=0.04\text{m}$。

2.3.3　计算液压马达的排量

液压马达是单向旋转的，其回油直接回油箱，视其出口压力为零，机械效率为 0.95，则

$$q_V=\frac{2\pi T_W}{p_1\eta_m}=\frac{2\times3.14\times769}{65\times10^5\times0.95}\text{m}^3/\text{r}=0.0008\text{m}^3/\text{r}$$

2.3.4　计算液压执行元件实际工作压力

按确定的液压缸结构尺寸和液压马达排量，计算工况液压执行元件实际工作压力，见表 22.4-12。

表 22.4-12　液压执行元件实际工作压力

工　况	执行元件名称	载　荷	背压 p_2/MPa	工作压力 p_1/MPa	计 算 公 式
合模行程	合模缸	100kN	0.3	3.3	$p_1=\frac{F+p_2A_2}{A_1}$
锁模	增压缸	1000kN	—	6.4	
座前进	注射座移动缸	3kN	0.5	0.76	
座顶紧		30kN	—	3.8	
注射	注射缸	213kN	0.3	5.9	
预塑进料	液压马达	838N·m	—	6.0	$p_1=\frac{2\pi T}{q}$

2.3.5　计算液压执行元件实际所需流量

根据最后确定的液压缸的结构尺寸或液压马达的排量及其运动速度或转速，计算出各液压执行元件实际所需流量，见表 22.4-13。

表 22.4-13　液压执行元件实际所需流量

工　况	执行元件名称	运动速度	结构参数	流量/L·s^{-1}	计 算 公 式
慢速合模	合模缸	0.02m/s	$A_1=0.03\text{m}^2$	0.6	$q=A_1v$
快速合模		0.1m/s		3	
座前进	注射座移动缸	0.06m/s	$A_1=0.008\text{m}^2$	0.48	
座后退		0.08m/s	$A_2=0.006\text{m}^2$	0.48	$q=A_2v$
注射	注射缸	0.07m/s	$A_1=0.038\text{m}^2$	2.7	$q=A_1v$
预塑进料	液压马达	60r/min	$v=0.873\text{L/r}$	0.87	$q=vn$
慢速开模	合模缸	0.03m/s	$A_2=0.014\text{m}^2$	0.42	$q=A_2v$
快速开模		0.13m/s		1.8	

2.4　制定系统方案和拟定液压系统图

2.4.1　制定系统方案

1）执行机构的确定　本执行机构除螺杆是单向旋转外，其他机构均为直线往复运动。

各直线运动机构均采用单活塞杆双作用液压缸直接驱动，螺杆则用液压马达驱动。

从给定的设计参数可知，锁模时所需的力最大，为 900kN。为此设置增压液压缸，得到锁模时的局部高压来保证锁模力。

2）合模缸动作回路　合模缸要求其实现快速、慢速、锁模、开模动作。其运动方向由电液换向阀直接控制。快速运动时，需要有较大流量供给。慢速合模只要有小流量供给即可。锁模时，由增压缸供油。

3）液压马达动作回路　螺杆不要求反转，所以液压马达单向旋转即可，由于其转速要求较高，而对速度平稳性无过高要求，故采用旁路节流调速方式。

4）注射缸动作回路　注射缸运动速度较快，平稳性要求不高，故也采用旁路节流调速方式。由于预塑时有背压要求，在无杆腔出口处串联背压阀。

5）注射座移动缸动作回路　注射座移动缸采用回油节流调速回路。工艺要求其不工作时，处于浮动状态，故采用 Y 型中位机能的电磁换向阀。

6）安全联锁措施　本系统为保证安全生产，设置了安全门。在安全门下端装一个行程阀，用来控制合模缸的动作。将行程阀串在控制合模缸换向的液动阀控制油路上，安全门没有关闭时，行程阀不能被压下，液动换向阀不进控制油，电液换向阀不能换向，合模缸也不能合模。只有操作者离开，将安全门关闭，压下行程阀，合模缸才能合模，从而保障了人身安全。

7）液压源的选择　该液压系统在整个工作循环中需油量变化较大，另外，闭模和注射后又要求有较长时间的保压，所以选用双泵供油系统。液压缸快速动作时，双泵同时供油，慢速动作或保压时由小泵单独供油，这样可减少功率损失，提高系统效率。

2.4.2　拟定液压系统图

液压系统图见图 22.4-5。其动作循环表见表 22.4-14。

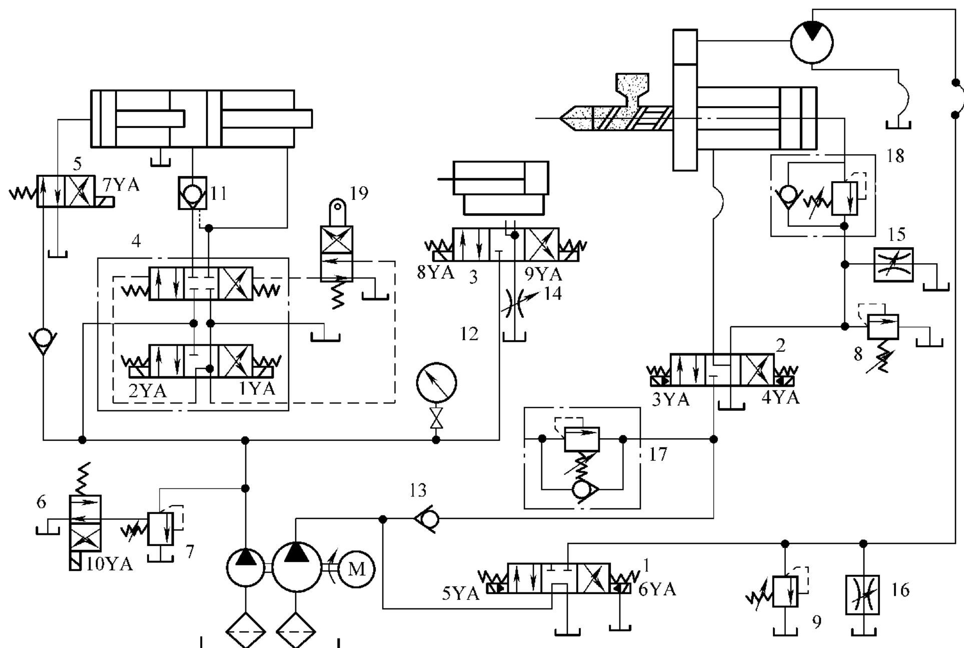


图 22.4-5　250g 塑料注射机液压系统原理图

注：各元件名称见表 22.4-15。

表 22.4-14 电磁铁动作表

动作＼磁铁	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA	8YA	9YA	10YA
快速合模	+				+					+
慢速合模	+									+
增压锁模	+						+			+
注射座前进							+		+	+
注射				+	+		+		+	+
注射保压				+			+		+	+
减压(放气)		+							+	+
再增压	+						+		+	+
预塑进料						+	+		+	+
注射座后退								+		+
慢速开模		+								+
快速开模		+			+					+
系统卸荷										

2.5 液压元件的选择

2.5.1 液压泵的选择

（1）液压泵工作压力的确定

$$p_P \geqslant p_1 + \sum \Delta p$$

p_1 是液压执行元件的最高工作压力，即增压缸锁模时的入口压力，$p_1 = 6.4\text{MPa}$。$\sum \Delta p$ 是泵到执行元件间总的管路损失。由系统图 22.4-5 可见，泵到增压缸间有一个单向阀和一个换向阀，取 $\sum \Delta p = 0.5\text{MPa}$。

液压泵工作压力为

$$p_P = (6.4 + 0.5)\text{MPa} = 6.9\text{MPa}$$

（2）液压泵流量的确定

$$q_{VP} \geqslant K(\sum q_{max})$$

由表 22.4-13 知，系统最大流量发生在快速合模工况，$\sum q_{max} = 3\text{L/s}$。取泄漏系数 K 为 1.2，求得液压泵流量为

$$q_{VP} = 3.6\text{L/s} = 216\text{L/min}$$

选用 YYB-BC171/488 型双联叶片泵，当压力为 7MPa 时，大泵流量为 157.3L/min，小泵流量为 44.1L/min。

2.5.2 电动机功率的确定

注射机在整个动作循环中，系统的压力和流量都是变化的，所需功率变化较大，为满足整个工作循环的需要，按较大功率段来确定电动机功率。

快速注射工况系统的压力和流量均较大，此时，大小泵同时参加工作，小泵排油除保证锁模压力外，还通过顺序阀将压力油供给注射缸，大小泵出油汇合推动注射缸前进。

前面的计算已知，小泵供油压力为 $p_{P1} = 6.9\text{MPa}$，考虑大泵到注射缸之间的管路损失，大泵供油压力应为 $p_{P2} = (5.9 + 0.5)\text{MPa} = 6.4\text{MPa}$，取泵的总效率 $\eta_P = 0.8$，泵的总驱动功率为

$$P = \frac{p_{P1} q_{V1} + p_{P1} q_{V1}}{\eta_P}$$

$$= \frac{6.9 \times 10^6 \times 44.1 + 6.4 \times 10^6 \times 157.3}{10^3 \times 0.8 \times 60 \times 10^3}\text{kW}$$

$$= 27.313\text{kW}$$

考虑到注射时间较短，不过 3s，而电动机一般允许短时间超载 25%，这样电动机功率还可降低一些，即

$$P = 27.313 \times \frac{100}{125}\text{kW} = 21.85\text{kW}$$

其他工况液压泵驱动功率均小于此值。查样本，选用 22kW 的电动机。

2.5.3 液压阀的选择

选择液压阀主要根据是阀的工作压力和通过阀的流量。本系统所选阀的规格型号见表 22.4-15。

表 22.4-15　250g 塑料注射机液压阀明细表

序　　号	名　　称	实际流量 /L·s^{-1}	选 用 规 格
1	三位四通电液换向阀	2.62	4WEH25G-50/6EG24NETZ5L/P4.5
2	三位四通电液换向阀	3.36	4WEH25J-50/6EG24NETZ5L
3	三位四通电磁换向阀	0.50	4WE6J-50/CG24NZ5L
4	三位四通电液换向阀	3.36	4WEH25E-50/6EG24NETZ5L
5	二位四通电磁换向阀	<0.74	4WE10E-31/6CG24NZ5L
6	二位四通电磁换向阀	<0.50	4WE6D-50/CG24NZ5L
7	溢流阀	0.74	DB10-1-30/200
8	溢流阀	2.62	DB20-1-30/200
9	溢流阀	2.62	DB20-1-30/200
10	单向阀	0.74	RVP10-10
11	液控单向阀	3.36	SV20PA1-30
12	单向阀	0.50	RVP8-10
13	单向阀	2.62	RVP20-10
14	节流阀	0.65	DVP10-10
15	调速阀	<0.70	2FRM10-21/50L
16	调速阀	<1.70	2FRM16-21/100L
17	单向顺序阀	0.74	DZ25130/210
18	单向顺序阀	2.70	DZ10-1-30/210Y
19	行程滑阀	<0.50	4WMR6C50B

2.5.4　液压马达的选择

在 2.3.3 节已求得液压马达的排量为 0.8L/r，系统工作压力为 7MPa，输出转矩 769N·m。

选 SZM0.9 双斜盘轴向柱塞式液压马达。其理论排量 0.873L/r，额定压力 20MPa，额定转速为 8～100r/min，最高转矩 3057N·m，机械效率大于 90%。

2.5.5　油管内径计算

本系统管路较为复杂，取其主要几条(其余略)，按式(22.4-29)计算，结果见表 22.4-16。

表 22.4-16　主要管路内径

管路名称	通过流量 /L·min^{-1}	允许流速 /m·s^{-1}	管路内径 /m	实际取值 /m
大泵吸油管	2.62	0.85	0.063	0.065
小泵吸油管	0.735	1	0.031	0.032
大泵排油管	2.62	4.5	0.027	0.032
小泵排油管	0.735	4.5	0.014	0.015
双泵并联后管路	3.36	4.5	0.031	0.032
注射缸进油管路	2.66	4.5	0.028	0.032

2.5.6 确定油箱的有效容积

按式(22.4-31)来初步确定油箱的有效容积

$$V=aq_V$$

已知所选泵的总流量为201.4L/min，这样，液压泵每分钟排出压力油的体积为0.2m³。参照表22.4-7取$a=5$，算得有效容积为

$$V=5\times0.2\text{m}^3=1\text{m}^3$$

2.6 液压系统性能验算

2.6.1 验算回路中的压力损失

本系统较为复杂，有多个液压执行元件动作回路，其中环节较多，管路损失较大的要算注射缸动作回路，故主要验算由泵到注射缸这段管路的损失。

（1）沿程压力损失

主要是注射缸快速注射时进油管路的压力损失。此管路长5m，管内径0.032m，快速时通过流量2.7L/s，选用L-HM32液压油，正常运转后油的运动粘度$\nu=27\text{mm}^2/\text{s}$，油的密度$\rho=918\text{kg/m}^3$。

油在管路中的实际流速为

$$v=\frac{q_V}{\frac{\pi}{4}d^2}=\frac{2.7\times10^{-3}}{\frac{\pi}{4}\times0.032^2}\text{m/s}=3.36\text{m/s}$$

$$Re=\frac{vd}{\nu}=\frac{3.36\times0.032}{2.7\times10^{-5}}=3981>2300$$

油在管路中呈紊流流动状态，其沿程阻力系数为

$$\lambda=\frac{0.3164}{Re^{0.25}}$$

按式$\Delta p_1=\lambda\frac{l}{d}\frac{\rho v^2}{2}$求得沿程压力损失为

$$\Delta p_1=\frac{0.3164\times5\times3.36^2\times918}{3981^{0.5}\times0.032\times2\times10^6}\text{MPa}=0.03\text{MPa}$$

（2）局部压力损失

局部压力损失包括通过管路中弯管和管接头等处的管路局部压力损失Δp_2，以及通过控制阀的局部压力损失Δp_3。其中管路局部压力损失相对来说小得多，故主要计算通过控制阀的局部压力损失。

参看图22.4-5，从小泵出口到注射缸进油口，要经过单向顺序阀17、电液换向阀2及单向顺序阀18。

单向顺序阀17的额定流量为50L/min，额定压力损失为0.4MPa；电液换向阀2的额定流量为190L/min，额定压力损失0.3MPa；单向顺序阀18的额定流量为150L/min，额定压力损失0.2MPa。

通过各阀的局部压力损失之和为

$$\Delta p_{3,1}=\left[0.4\left(\frac{44.1}{50}\right)^2+0.3\left(\frac{157.3+44.1}{190}\right)^2+0.2\left(\frac{162}{150}\right)^2\right]\text{MPa}=0.88\text{MPa}$$

从大泵出油口到注射缸进油口要经过单向阀13、电液换向阀2和单向顺序阀18。单向阀13的额定流量为250L/min，额定压力损失为0.2MPa。

通过各阀的局部压力损失之和为

$$\Delta p_{3,2}=\left[0.2\times\left(\frac{157.3}{250}\right)^2+0.34+0.23\right]\text{MPa}=0.65\text{MPa}$$

由以上计算结果可求得快速注射时小泵到注射缸之间总的压力损失为

$$\Delta p_1=(0.03+0.88)\text{MPa}=0.91\text{MPa}$$

大泵到注射缸之间总的压力损失为

$$\Delta p_2=(0.03+0.65)\text{MPa}=0.68\text{MPa}$$

小泵出口压力：

$$p_{P1}=(5.9+0.91)\text{MPa}=6.81\text{MPa}$$

大泵出口压力：

$$p_{P2}=(5.9+0.68)\text{MPa}=6.58\text{MPa}$$

由计算结果看，大小泵的实际出口压力距泵的额定压力还有一定的裕度，所选泵是适合的。

综合考虑各工况的需要，确定系统的最高工作压力（即溢流阀7的调定压力）为6.8MPa。

2.6.2 液压系统发热温升计算

1）计算发热功率　液压系统的功率损失全部转化为热量。按式(22.4-42)计算其发热功率。

$$P_{hr}=P_r-P_c$$

对本系统来说，P_r是整个工作循环中双泵的平均输入功率，即

$$P_r=\frac{1}{T_t}\sum_{i=1}^{z}\frac{p_iq_{Vi}t_i}{\eta_{Pi}}$$

具体的p_i、q_{Vi}、t_i值见表22.4-17。这样，可算得双泵平均输入功率$P_r=12\text{kW}$。

系统总输出功率

按式(22.4-44)求系统的输出有效功率为

$$P_c=\frac{1}{T_t}\left[\sum_{i=1}^{n}F_{Wi}S_i+\sum_{j=1}^{m}T_{Wj}\omega_jt_j\right]$$

表 22.4-17　各工况双泵输入功率

工　况	泵工作状态		出口压力/MPa		总输入功率/kW	工作时间/s	说　明
	小泵	大泵	小泵	大泵			
慢速合模	+	−	3.68	0.3	6	1	小泵额定流量：$q_{P1}=0.74\mathrm{L/s}$，大泵额定流量：$q_{P2}=2.62\mathrm{L/s}$，泵的总效率： 正常工作时：$\eta_P=0.8$ 卸荷时：$\eta_P=0.3$
快速合模	+	+	4	4.16	17.3	2	
增压锁模	+	−	6.8	0.3	8.9	0.5	
注射	+	+	6.8	6.58	27.8	3	
保压	+	−	6.8	0.3	8.9	16	
进料	+	+	6.8	6.3	26.9	15	
冷却	+	−	6.8	0.3	8.9	15	
快速开模	+	+	4.2	4.4	18.3	1.5	
慢速开模	+	−	3.9	0.3	6.2	1	

注：表中(+)表示正常工作，(−)表示卸荷。

由前面给定参数及计算结果可知：

合模缸的负载为 90kN，行程 0.35m；

注射缸的负载为 192kN，行程 0.2m；

预塑螺杆有效功率 5kW，工作时间 15s；

开模时负载近同合模，行程也相同。

注射机输出有效功率主要是以上这些。

$$P_c=\frac{1}{55}(1.4\times10^5\times0.35+1.92\times10^5\times0.2+5\times10^3\times15)\mathrm{kW}=3\mathrm{kW}$$

总的发热功率为

$$P_{hr}=(15.3-3)\mathrm{kW}=12.3\mathrm{kW}$$

2）计算散热功率　前面初步求得油箱的有效容积为 $1\mathrm{m}^3$，按 $V=0.8abh$ 求得油箱各边之积：

$$abh=\frac{1}{0.8}\mathrm{m}^3=1.25\mathrm{m}^3$$

取 a 为 1.25m，b、h 分别为 1m。

根据式(22.4-51)求得油箱散热面积为

$$A_t=1.8h(a+b)+1.5ab=(1.8\times1\times(1.25+1)+1.5\times1.25)\mathrm{m}^2=5.9\mathrm{m}^2$$

油箱的散热功率为

$$P_{hc}=K_tA_t\Delta T$$

式中　K_t——油箱散热系数，查表 22.4-8，K_1 取 $16\mathrm{W/(m^2\cdot℃)}$；

ΔT——油温与环境温度之差，取 $\Delta T=35℃$。

$$P_{hc}=(16\times5.9\times35)\mathrm{kW}=3.3\mathrm{kW}<P_{hr}=12.3\mathrm{kW}$$

由此可见，油箱的散热远远满足不了系统散热的要求，管路散热是极小的，需要另设冷却器。

3）冷却器所需冷却面积的计算

冷却面积为

$$A=\frac{P_{hr}-P_{hc}}{K\Delta t_m}$$

式中　K——传热系数，用管式冷却器时，取 $K=116\mathrm{W/(m^2\cdot℃)}$；

Δt_m——平均温升，$\Delta t_m=\frac{T_1+T_2}{2}-\frac{t_1+t_2}{2}$。

取油进入冷却器的温度 $T_1=60℃$，油流出冷却器的温度 $T_2=50℃$，冷却水入口温度 $t_1=25℃$，冷却水出口温度 $t_2=30℃$。则

$$\Delta t_m=\left(\frac{60+50}{2}-\frac{25+30}{2}\right)℃=27.5℃$$

所需冷却器的散热面积为

$$A=\frac{(12.3-3)\times10^3}{116\times27.5}\mathrm{m}^2=2.8\mathrm{m}^2$$

考虑到冷却器长期使用时，设备腐蚀和油垢、水垢对传热的影响，冷却面积应比计算值大 30%，实际选用冷却器散热面积为

$$A=1.3\times2.8\mathrm{m}^2=3.6\mathrm{m}^2$$

第 5 章　液　压　泵

液压泵是能量转换装置，它是将原动机的机械能转换为液压能的能量转换元件，液压泵作为液压元件向液压系统提供具有压力和流量的流体，即液压能。

1　液压泵的分类(见图 22.5-1)

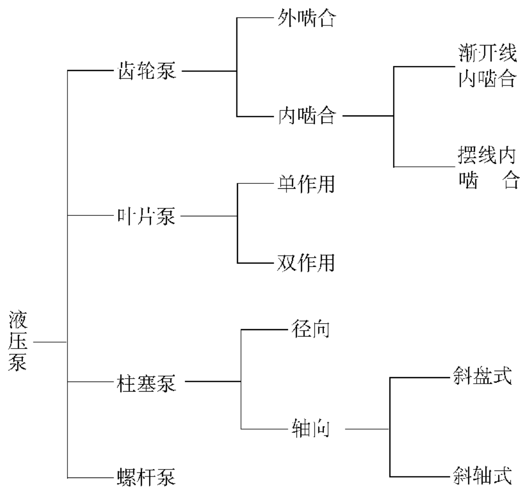


图 22.5-1　液压泵分类

2　液压泵的主要技术参数和计算公式

2.1　液压泵的主要技术参数

1）泵的排量($mL \cdot r^{-1}$)　泵每旋转一周，所能排出的液体体积。

2）泵的理论流量($L \cdot min^{-1}$)　在额定转数时，用计算方法得到的单位时间内泵能排出的最大流量。

3）泵的额定流量($L \cdot min^{-1}$)　在正常工作条件下，保证泵长时间运转所能输出的最大流量。

4）泵的额定压力(MPa)　在正常工作条件下，保证泵能长时间运转的最高压力。

5）泵的最高压力(MPa)　允许泵在短时间超过额定压力运转时的最高压力。

6）泵的额定转速($r \cdot min^{-1}$)　在额定压力下，保证长时间正常运转的最高转速。

7）泵的最高转速($r \cdot min^{-1}$)　在额定压力下，允许泵在短时间内超过额定转速运转时的最高转速。

8）泵的容积效率(%)　泵的实际输出流量与理论流量的比值。

9）泵的总效率(%)　泵输出的液压功率与输入的机械功率的比值。

10）泵的驱动功率(kW)　在正常工作条件下能驱动液压泵的机械功率。

2.2　液压泵的常用计算公式(见表 22.5-1)

表 22.5-1　液压泵的常用计算公式

参数名称	单　位	计算公式	符号说明
流量	$L \cdot min^{-1}$	$q_0 = Vn \times 10^{-3}$ $q = Vn\eta_0 \times 10^{-3}$	V—排量($mL \cdot r^{-1}$) n—转速($r \cdot min^{-1}$) q_0—理论流量($L \cdot min^{-1}$) q—实际流量($L \cdot min^{-1}$)
输入功率	kW	$P_i = \frac{\pi}{30} Tn \times 10^{-3}$	P_i—输入功率(kW) T—转矩(N·m)
输出功率	kW	$P_0 = pq/60$	P_0—输出功率(kW) p—输出压力(MPa)
容积效率	%	$\eta_0 = \frac{q}{q_0} \times 100$	η_0—容积效率(%)
机械效率	%	$\eta_m = \frac{1000 p q_0}{2\pi T n} \times 100$	η_m—机械效率(%)
总效率	%	$\eta = \frac{P_0}{P_i} \times 100$	η—总效率(%)

3　典型液压泵的工作原理及主要结构特点(见表 22. 5-2)

表 22. 5-2　典型液压泵的工作原理及主要结构特点

类型	结构、原理示意图	工 作 原 理	结 构 特 点
外啮合齿轮泵	A B 吸油 排油	当齿轮旋转时，在 A 腔，由于轮齿脱开使容积逐渐增大，形成真空将油液吸入，随着齿轮的旋转充满在齿槽内的油被带到 B 腔。在 B 腔，由于轮齿啮合，容积逐渐减小，油液被压出	利用齿和泵壳形成的封闭容积的变化，完成泵的功能，不需要配流装置，不能变量 结构最简单，价格低，径向载荷大
内啮合齿轮泵	排油口 吸油口 月形隔板	当传动轴带动外齿轮旋转时，与此相啮合的内齿轮也随着旋转。吸油腔由于轮齿脱开而吸油，经隔板后，油液进入压油腔，压油腔由于轮齿啮合而排油	典型的内啮合齿轮泵主要由内齿轮、外齿轮及隔板等组成 利用齿和齿圈形成的容积变化，完成泵的功能。在轴对称位置上布置有吸、排油口。不能变量 尺寸比外啮合式略小，价格比外啮合式略高，径向载荷大
叶片泵	叶片 排油口 4 3 吸油口 2 5 1 转子 6 吸油口 7 8 排油口 定子	转子旋转时，叶片在离心力和压力油的作用下，尖部紧贴在定子内表面上。这样两个叶片与转子和定子内表面所构成的工作容积，先由小到大吸油后再由大到小排油，叶片旋转一周时，完成两次吸油和两次排油	利用插入转子槽内的叶片间容积变化，完成泵的作用。在轴对称位置上布置有两组吸油口和排油口，径向载荷小，噪声较低，流量脉动小
柱塞泵		柱塞泵由缸体与柱塞构成，柱塞在缸体内作往复运动，在工作容积增大时吸油，工作容积减小时排油。采用端面配油	径向载荷由缸体外周的大轴承所平衡，以限制缸体的倾斜 利用配流盘配流 传动轴只传递转矩、轴径较小。由于存在缸体的倾斜力矩，制造精度要求较高，否则易损坏配流盘
径向柱塞泵	e	当每个柱塞在转子套内伸出及缩入时，产生容积变化，转子旋转时，由于转子与定子环存在有偏心 e，所以柱塞在沿定子环内圆滑动的同时，柱塞伸出或缩入。伸出时容积增大，形成局部真空，将油液吸入；缩入时容积减小，将油液压出	其吸油腔及压油腔由输出轴(配流轴)上的配流槽配流
螺杆泵	一组密封腔	一根主动螺杆与两根从动螺杆相互啮合，三根螺杆的啮合线把螺旋槽分割成若干个密封容积。当螺杆旋转时，这个密封容积沿轴向移动而实现吸油和排油	利用螺杆槽内容积的移动，产生泵的作用 不能变量 无流量脉动 径向载荷较双螺杆式小、尺寸大，重量大

4 液压泵的技术性能和参数选择

4.1 各类液压泵的技术性能和应用范围(见表22.5-3)

表22.5-3 各种液压泵的技术性能和应用范围

类型	齿轮泵			螺杆泵	叶片泵		柱塞泵				
	外啮合	内啮合			单作用	双作用	轴向			径向轴配流	卧式轴配流
性能参数		楔块式	摆线转子式				直轴端面配流	斜轴端面配流	阀配流		
压力范围/MPa	≤25.0	≤30.0	1.6~16.0	2.5~10.0	≤6.3	6.3~32.0	≤10.0	≤40.0	≤70.0	10.0~20.0	≤40.0
排量范围/mL·r^{-1}	0.3~650	0.8~300	2.5~150	25~1500	1~320	0.5~480	0.2~560	0.2~3600	≤420	20~720	1~250
转速范围/r·min^{-1}	300~7000	1500~2000	1000~4500	1000~2300	500~2000	500~4000	600~2200	600~1800	≤1800	700~1800	200~2200
最大功率/kW	120	350	120	390	30	320	730	2660	750	250	260
容积效率(%)	70~95	≤96	80~90	70~95	85~92	80~94	88~93	88~93	90~95	80~90	90~95
总效率(%)	63~87	≤90	65~80	70~85	64~81	65~82	81~88	81~88	83~88	81~83	83~88
功率质量比/kW·kg^{-1}	中	大	中	小	小	中	大	大	大	中	中
最高自吸能力/kPa	50	40	40	63.5	33.5	33.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
流量脉动(%)	11~27	1~3	≤3	<1	≤1	≤1	1~5	1~5	<14	<2	≤14
噪声	中	小	小	小	中	中	大	大	大	中	中
污染敏感度	小	中	中	小	中	中	大	中大	小	中	小
变量能力	不能				能		好				
价格	最低	中	低	高	中	中低	高	高	高	高	高
应用范围	机床、工程机械、农业机械、航空、船舶、一般机械			精密机床、精密机械、食品、化工、石油、纺织等机械	机床、注塑机、液压机、起重运输机械、工程机械、飞机		工程机械、锻压机械、运输机械、矿山机械、冶金机械、船舶、飞机等				

4.2 液压泵参数的选择

泵的基本参数是压力、流量、转速和效率。一般应根据系统的实际工况来选择，为了提高系统的可靠性，延长泵的使用寿命，一般在固定设备中液压系统的正常工作压力可选择为泵额定压力的70%~80%，车辆用液压系统工作压力可选择为泵额定压力的50%~60%。选择泵的第二个最重要的因素是泵的流量或排量，泵的流量与工况有关，选择的泵的流量须大于液压系统工作时的最大流量。泵的效率值是泵质量好坏的体现，一般来说，应使主机的常用工作参数处在泵效率曲线的高效区域。另外，泵的最高压力与最高转速不宜同时使用，以延长泵的使用寿命。产品说明书中往往提供了较详细的泵技术参数图表，在选择时，应严格遵照产品说明书中的规定。

转速的选择应严格按照产品技术规格表中规定的数据，不得超过最高转速值。至于其最低转速，在正常使用条件下，并没有严格的限制。

5 齿轮泵产品

5.1 齿轮泵产品技术参数概览(见表22.5-4)

表 22.5-4　齿轮泵产品技术参数概览

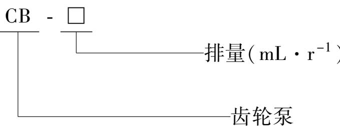
类别	型号	排量/mL·r⁻¹	压力/MPa		转速/r·min⁻¹		容积效率(%)	生　产　厂
			额定	最高	额定	最高		
外啮合齿轮泵	CB	32、50、100	10	12.5	1450	1650	≥90	长江液压件厂 合肥液压件厂
	CB-C	10～32	10	14	1800	2400	≥90	四平液压件厂
	CB-D	32～70						
	CB-E	70～210	10	12.5	1800	2400	≥90	榆次液压件厂
	$CB\text{-}F_A$	10～40	14	17.5	1800	2400	≥90	
	$CB\text{-}F_C$	10～40	16	20	2000	3000	≥90	
	CB-G	16～200	12.5	16	2000	2500	≥91	长江液压件厂 阜新液压件厂
	$CB\text{-}H_B$	51.76～101.5	16	20	1800	2400	≥91～92	榆次液压件厂
	CB-L	40～200	16	20	2000	2500	≥90	长江液压件厂 阜新液压件厂
	CB-Q	20～63	20	25	2500	3000	≥91～92	合肥液压件厂 栖霞液压件厂
	CB-S	10～140	16	20	2000	2500	≥91～93	阜新液压件厂
	CB-X	10～40	20	25	2000	3000	≥90	长江液压件厂
	CB-Y	10.18～100.7	20	25	2500	3000	≥90	
	GB300	6～14	14～16	17.5～20	2000	3000	≥90	武汉液压件厂
	CB*-E	4～125	16	20	2000	3000	≥91～93	阜新液压件厂
	CB*-F	4～20	20	25	2000	3000	≥90	
	CBF-E	10～140	16	20	2500	3000	≥90～95	
	CBF-F	10～100	20	25	2000	2500	≥90～95	
	CBG	18～160	12.5～16	16～20	2000	2500～3000	≥91	长江液压件厂 阜新液压件厂
	GBN-E	16～63	16	20	2000	2500	≥91～93	武汉液压件厂
	CBQ-F5	20～63	20	25	2500	3000	≥92～96	阜新液压件厂
	CBT-E3	4～25	16		2000		≥80	天津双华液压
	CBT-F4	10～32	20	25	2500	3000	≥92～93	合肥长源液压件厂
	CBZ2	32～100.6	16～26	20～31.5	2000	2500	≥94	济南液压件厂
	BBXQ	12，16	3，5	6	1500	2000	≥90	南京液压件三厂
	G5	5～25	16～25			2800～4000	≥90	长江液压件厂
	G20	23～87	14～23			2300～3600	≥87～90	长江液压件厂
	G30	58～161	14～23			2200～3000	≥90	
	GPA	1.76～63.6	10		2000～3000		≥90	上海机床厂
	GPC4	20～80	18～25		2300～3300		≥80	长江液压件厂 天津津联液压件厂
	P*	15～200	23	28	2400	—	—	泊姆克天津公司

（续）

类别	型号	排量/mL·r^{-1}	压力/MPa		转速/r·min^{-1}		容积效率(%)	生　产　厂
			额定	最高	额定	最高		
外啮合双联齿轮泵	CBG2	40.6/40.6～140.3/140.3	16	20	2000	3000	≥91	长江液压件厂 阜新液压件厂
	CBG3	126.4/126.4～200.9/200.9	12.5～16	16～20	2000	2200	≥91	长江液压件厂 阜新液压件厂 济南液压件厂 武汉液压件厂
	CBL	40.6/40.6～200.9/200.9	16	20	2000	2500	≥90	长江液压件厂
	CBY	10.18/10.18～100.7/100.7	20	25	2000	3000	≥90	长江液压件厂 济南液压件厂
	CBQL	20/20～63/32	16～20	20～25		3000	≥90	合肥液压件厂
	CBZ	32.1/32.1～80/80～250	25	31.5	2000	2500	≥94	济南液压件厂
内啮合齿轮泵	NB	10～250	25	32	1500～2000	3000	≥83	上海航空发动机制造厂
	BB-B	4～125	2.5		1500		≥80～90	上海机床厂

5.2　CB 型齿轮泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-5)

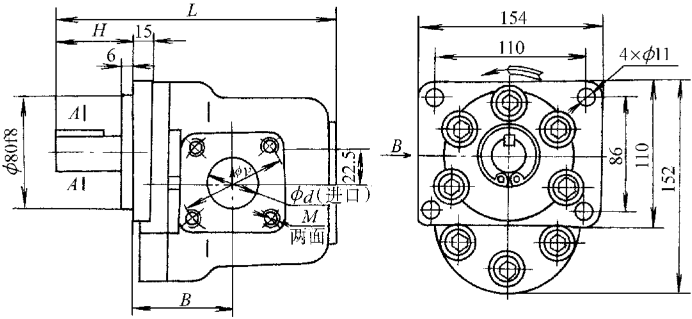
表 22.5-5　技术规格

型号	排量/mL·r^{-1}	压力/MPa		转速/r·min^{-1}		容积效率(%)	驱动功率/kW	重量/kg
		额定	最高	额定	最高			
CB32	32	10	12.5	1500		≥90	8.72	6.4
CB50	48						13.1	6.9
CB100	98						26.7	18.3

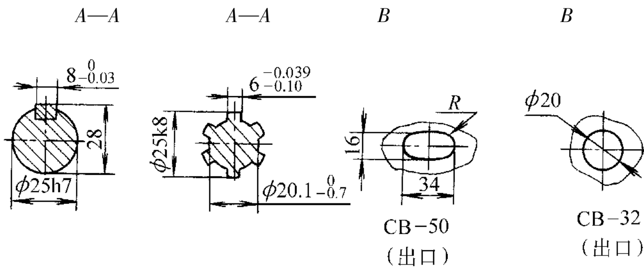
（3）外形尺寸(见表 22.5-6)

表 22.5-6　CB 型齿轮泵外形尺寸　（mm）

CB-32、50 型

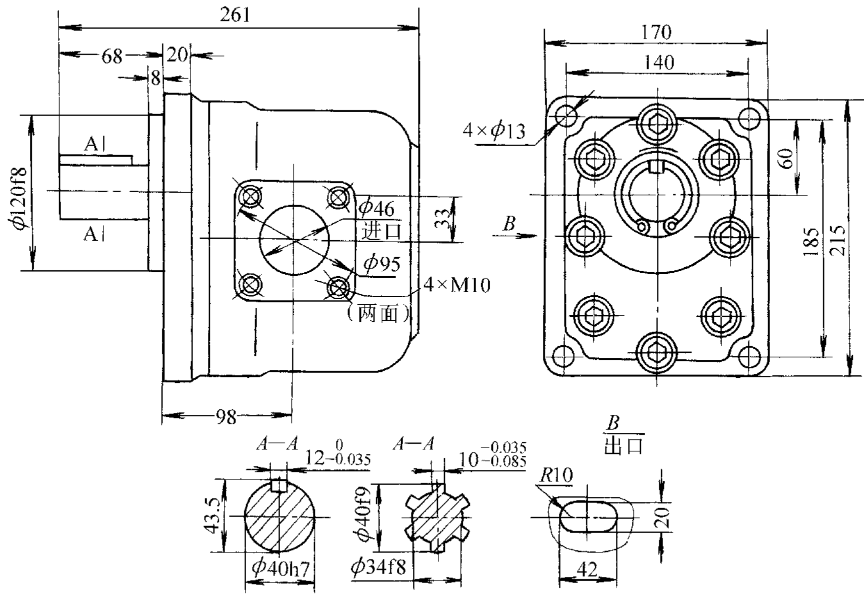


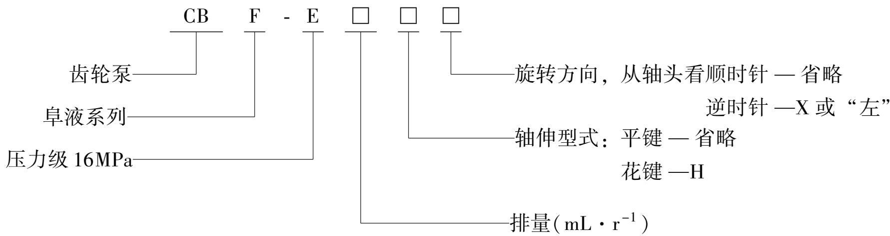
(续)



型号	*B*	*ϕd*	*ϕv*	*H*	*L*	*M*	*R*
CB-32	67.5	35	65 ±0.2	42	186	M8	8
CB-50	72.5	36	76 ±0.2	45	200	M10	10

CB-100 型





5.3 CBF-E 型齿轮泵

(1) 型号说明

CB F - E □ □ □

- 齿轮泵 — CB
- 皂液系列 — F
- 压力级 16MPa — E
- 排量(mL · r^{-1})
- 轴伸型式：平键 — 省略；花键 —H
- 旋转方向，从轴头看顺时针 — 省略；逆时针 —X 或“左”

(2) 技术规格(见表 22.5-7)

表 22.5-7　技术规格

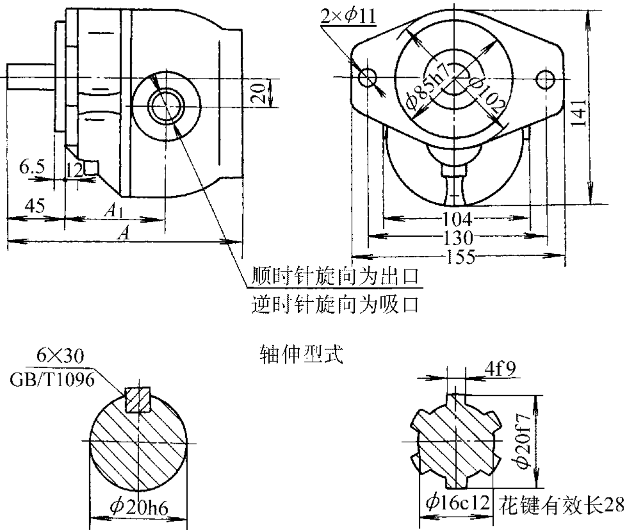
<table>
<tr><th rowspan="2">型号</th><th rowspan="2">排量/mL・r⁻¹</th><th colspan="2">压力/MPa</th><th colspan="2">转速/r・min⁻¹</th><th rowspan="2">容积效率（%）不小于</th><th rowspan="2">总效率（%）不小于</th><th rowspan="2">驱动功率/kW</th><th rowspan="2">重量/kg</th></tr>
<tr><th>额定</th><th>最高</th><th>额定</th><th>最高</th></tr>
<tr><td>CBF-E10</td><td>10</td><td rowspan="15">16</td><td rowspan="15">20</td><td rowspan="4">2500</td><td rowspan="6">3000</td><td rowspan="3">91</td><td rowspan="3">82</td><td rowspan="4">8.5
13.0
14.5
19.5</td><td>3.6</td></tr>
<tr><td>CBF-E16</td><td>16</td><td rowspan="2">3.8</td></tr>
<tr><td>（CBF-E18）</td><td>18</td></tr>
<tr><td>CBF-E25</td><td>25</td><td>92</td><td>84</td><td>4.0</td></tr>
<tr><td>CBF-E32</td><td>32</td><td rowspan="11">2000</td><td rowspan="2">93</td><td rowspan="2">83</td><td rowspan="2">25.0
25.0</td><td>4.3</td></tr>
<tr><td>CBF-E40</td><td>40</td><td>4.7</td></tr>
<tr><td>CBF-E50</td><td>50</td><td rowspan="9">2500</td><td rowspan="2">91</td><td rowspan="2">82</td><td>32.0</td><td>8.5</td></tr>
<tr><td>CBF-E63</td><td>63</td><td>40.0</td><td>8.8</td></tr>
<tr><td>（CBF-E71）</td><td>71</td><td rowspan="2">92</td><td rowspan="2">84</td><td>44.5</td><td>9.0</td></tr>
<tr><td>CBF-E80</td><td>80</td><td>50.0</td><td>9.3</td></tr>
<tr><td>（CBF-E90）</td><td>90</td><td rowspan="5">93</td><td rowspan="5">85</td><td>56.0</td><td>9.6</td></tr>
<tr><td>CBF-E100</td><td>100</td><td>61.0</td><td>9.8</td></tr>
<tr><td>（CBF-E112）</td><td>112</td><td>68.0</td><td>10.1</td></tr>
<tr><td>CBF-E125</td><td>125</td><td>76.0</td><td>10.5</td></tr>
<tr><td>（CBF-E140）</td><td>140</td><td>85.5</td><td>11.0</td></tr>
</table>

注：括号内产品不优先选用。

（3）外形尺寸（见表 22.5-8）

表 22.5-8　CBF-E 型齿轮泵外形尺寸　　（mm）

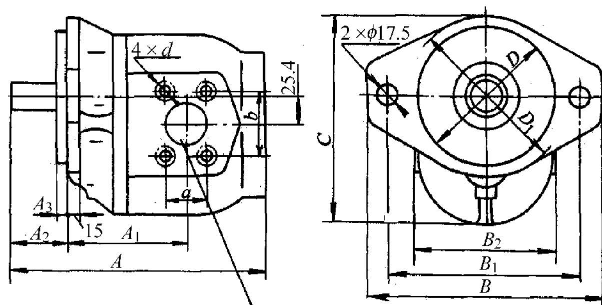
CBF-E10～40



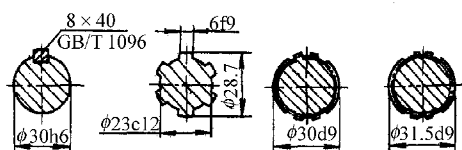
（续）

<table>
<tr><th rowspan="2">型　　号</th><th rowspan="2">A</th><th rowspan="2">A_1</th><th colspan="2">油　　口</th></tr>
<tr><th>吸　　口</th><th>出　　口</th></tr>
<tr><td>CBF-E10</td><td>160.5</td><td>68.5</td><td>M22×1.5</td><td>M18×1.5</td></tr>
<tr><td>CBF-E16</td><td>166.5</td><td>74.5</td><td rowspan="2">M27×2</td><td rowspan="2">M22×1.5</td></tr>
<tr><td>CBF-E18</td><td>168</td><td>76</td></tr>
<tr><td>CBF-E25</td><td>175</td><td>74</td><td rowspan="3">M33×2</td><td rowspan="3">M27×2</td></tr>
<tr><td>CBF-E32</td><td>181.5</td><td>80.5</td></tr>
<tr><td>CBF-E40</td><td>187.5</td><td>88.5</td></tr>
</table>

CBF-E50～140



轴伸型式

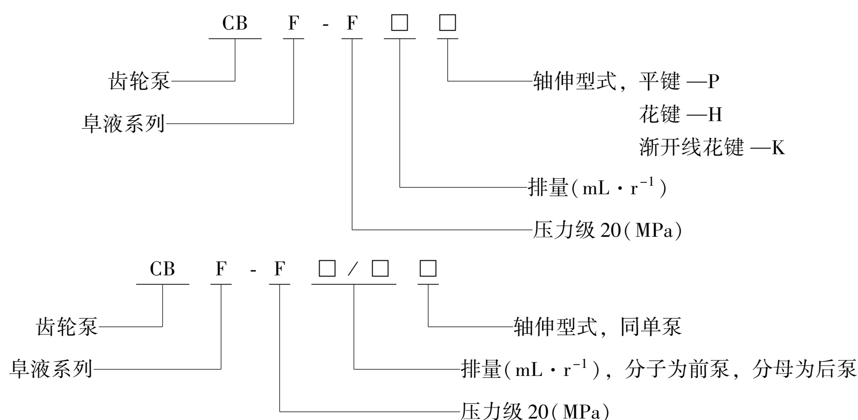


渐开线花键参数	
模数	2
齿数	14
分度圆直径	28
压力角	30°
径节（DP）	12
齿数	14
分度圆直径	29.63
压力角	30°

<table>
<tr><th rowspan="2">型号</th><th rowspan="2">A</th><th rowspan="2">A_1</th><th rowspan="2">A_2</th><th rowspan="2">A_3</th><th rowspan="2">B</th><th rowspan="2">B_1</th><th rowspan="2">B_2</th><th rowspan="2">C</th><th rowspan="2">D</th><th rowspan="2">D_1</th><th colspan="4">吸　　口</th><th colspan="4">出　　口</th></tr>
<tr><th>a</th><th>b</th><th>D'</th><th>d</th><th>a</th><th>b</th><th>D'</th><th>d</th></tr>
<tr><td>CBF-E50</td><td>212</td><td>91</td><td rowspan="7">57</td><td rowspan="5">8</td><td rowspan="5">200</td><td rowspan="5">160</td><td rowspan="7">146</td><td rowspan="5">185</td><td rowspan="5">φ80</td><td rowspan="5">φ142</td><td rowspan="2">30</td><td rowspan="7">60</td><td rowspan="2">φ32</td><td rowspan="7">M10</td><td rowspan="2">26</td><td rowspan="2">52</td><td rowspan="2">φ25</td><td rowspan="2">M8</td></tr>
<tr><td>CBF-E63</td><td>217</td><td>96</td></tr>
<tr><td>CBF-E71</td><td>221</td><td>94</td><td rowspan="5">36</td><td rowspan="2">φ36</td><td rowspan="5">36</td><td rowspan="5">60</td><td rowspan="2">φ28</td><td rowspan="7">M10</td></tr>
<tr><td>CBF-E80</td><td>225</td><td>98</td></tr>
<tr><td>CBF-E90</td><td>229</td><td>102</td><td rowspan="3">φ40</td><td rowspan="3">φ32</td></tr>
<tr><td>CBF-E100</td><td>234</td><td>107</td><td rowspan="4">6.5</td><td rowspan="4">215</td><td rowspan="4">180</td><td rowspan="4">189</td><td rowspan="4">φ127</td><td rowspan="4">φ150</td></tr>
<tr><td>CBF-E112</td><td>239</td><td>112</td></tr>
<tr><td>CBF-E125</td><td>243</td><td>110</td><td rowspan="2">55</td><td rowspan="2">133</td><td rowspan="2">43</td><td rowspan="2">78</td><td rowspan="2">φ50</td><td rowspan="2">M12</td><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">59</td><td rowspan="2">φ35</td></tr>
<tr><td>CBF-E140</td><td>252</td><td>119</td></tr>
</table>

5.4　CBF-F 型齿轮泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-9)

表 22.5-9　技术规格

型　　号	排量 /mL·r^{-1}	压力/MPa		转速/r·min^{-1}		容积效率 (%)不小于	总效率 (%)不小于	驱动功率 /kW	重量 /kg
		额定	最高	额定	最高				
CBF-F10	10	20	25	2500	3000	89	80	10.8	3.7
CBF-F16	16					90	81	17.2	3.9
CBF-F25	25					91	82	26.8	4.1
CBF-F32	32					92	83	34.3	4.4
CBF-F40	40								4.8
CBF-F50	50			2000	2500	90	81	42.9	8.5
CBF-F63	63							54.0	8.8
(CBF-F71)	71					92	83	61.0	9.0
CBF-F80	80							68.6	9.3
(CBF-F90)	90					93	84	77.2	9.6
CBF-F100	100							85.8	9.8
CBF-F50/10	60					91	82	53.7	12.0
CBF-F50/16	66							60.1	12.2
CBF-F50/25	75							69.7	12.4
CBF-F50/32	82							77.2	12.7
CBF-F50/40	90								13.1
CBF-F63/10	73							64.8	12.3
CBF-F63/16	79							71.2	12.5
CBF-F63/25	88							80.8	12.7
CBF-F63/32	95							88.3	13.0
CBF-F63/40	103								13.4
CBF-F71/10	81							71.8	12.5
CBF-F71/16	87							78.2	12.7
CBF-F71/25	96							87.8	12.9
CBF-F71/32	103							95.3	13.2
CBF-F71/40	111								13.6
CBF-F80/10	90							79.4	12.8

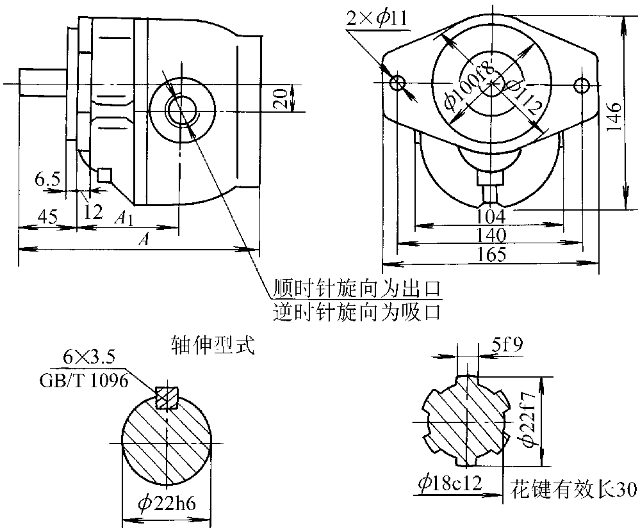
（续）

型　号	排量/mL·r⁻¹	压力/MPa		转速/r·min⁻¹		容积效率(%)不小于	总效率(%)不小于	驱动功率/kW	重量/kg
		额定	最高	额定	最高				
CBF-F80/16	96	20	25	2000	2500	91	82	85.8	13.0
CBF-F80/25	105							95.4	13.2
CBF-F80/32	112							102.9	13.5
CBF-F80/40	120								13.9
CBF-F90/10	100							88.0	13.1
CBF-F90/16	106							94.4	13.3
CBF-F90/25	115							104	13.5
CBF-F90/32	122							111.5	13.8
CBF-F90/40	130								14.2
CBF-F100/10	110							96.6	13.3
CBF-F100/16	116							103	
CBF-F100/25	125							112.6	13.7
CBF-F100/32	132							120.1	14.0
CBF-F100/40	140								14.4

（3）外形尺寸（见表22.5-10）

表22.5-10　CBF-F型齿轮泵外形尺寸　（mm）

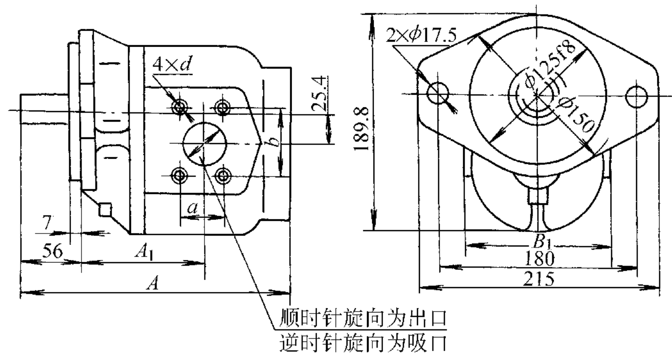
CBF-F10～40



型　号	A	A_1	油口	
			吸　口	出　口
CBF-F10	160.5	68.5	M22×1.5	M18×1.5
CBF-F16	166	74	M27×2	M22×1.5
CBF-F25	175		M33×2	M27×2
CBF-F32	181.5	80.5	M33×2	M27×2
CBF-F40	189.5	88.5		

（续）

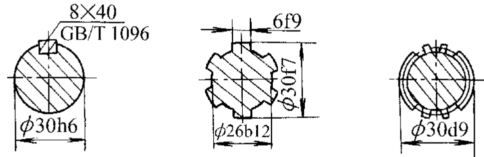
CBF-F50～100



相应吸出口径的有关连接尺寸

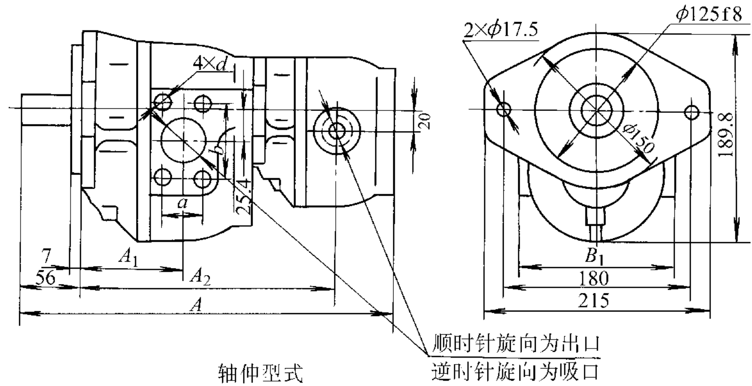
口径	a	b	d
$\phi25$	26.2	52.4	M10
$\phi28$ $\phi32$	30.2	58.8	
$\phi35$ $\phi40$	35.7	69.9	M12

轴伸型式

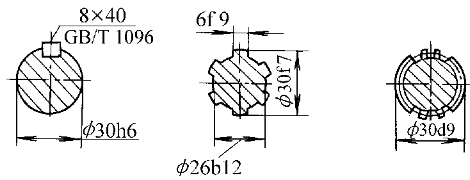


型 号	A	A_1	B_1	油 口	
				吸 口	出 口
CBF-F50 CBF-F63	211.5 216.5	91 94	146	$\phi32$	$\phi25$
CBF-F71 CBF-F80	220 224	96 98	150	$\phi35$	$\phi28$
CBF-F90 CBF-F100	228 233	102 107		$\phi40$	$\phi32$

CBF-F50～100/10～40



轴伸型式

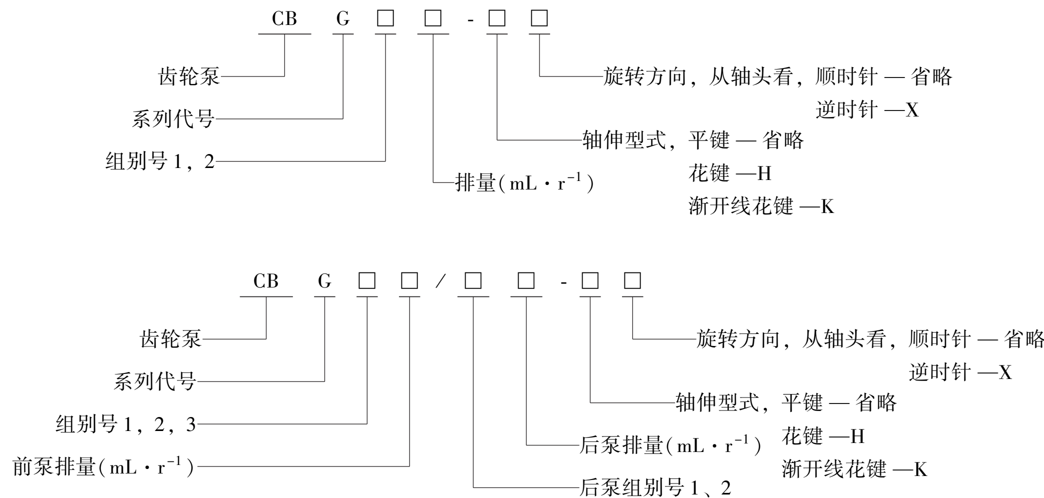


（续）

型　　号	A	A_1	A_2	B_1		吸　　口		出　　口	
				前泵	后泵	前泵	后泵	前泵	后泵
CBF-F50/10	325	91	222	146	104	$\phi32$	M22×1.5	$\phi25$	M18×1.5
CBF-F50/16	330.5		227.5				M27×2		M22×1.5
CBF-F50/25	339.5						M33×2		M27×2
CBF-F50/32	346		234						
CBF-F50/40	354		242						
CBF-F63/10	330	94	227				M22×1.5		M18×1.5
CBF-F63/16	335.5		232.5				M27×2		M22×1.5
CBF-F63/25	344.5						M33×2		M27×2
CBF-F63/32	351		239						
CBF-F63/40	359		247						
CBF-F71/10	333.5	96	230.5	150		$\phi35$	M22×1.5	$\phi28$	M18×1.5
CBF-F71/16	339		236				M27×2		M22×1.5
CBF-F71/25	348						M33×2		M27×2
CBF-F71/32	354.5		242.5						
CBF-F71/40	362.5		250.5						
CBF-F80/10	337.5	98	234.5				M22×1.5		M18×1.5
CBF-F80/16	343		240				M27×2		M22×1.5
CBF-F80/25	352						M33×2		M27×2
CBF-F80/32	358.5		246.5						
CBF-F80/40	366.5		254.5						
CBF-F90/10	341.5	102	238.5			$\phi40$	M22×1.5	$\phi32$	M18×1.5
CBF-F90/16	347		244				M27×2		M22×1.5
CBF-F90/25	356						M33×2		M27×2
CBF-F90/32	362.5		250.5						
CBF-F90/40	370.5		258.5						
CBF-F100/10	346.5	107	243.5				M22×1.5		M18×1.5
CBF-F100/16	352		249				M27×2		M22×1.5
CBF-F100/25	361						M33×2		M27×2
CBF-F100/32	367.5		255.5						
CBF-F100/40	375.5		263.5						

5.5　CBG 型齿轮泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.5-11)

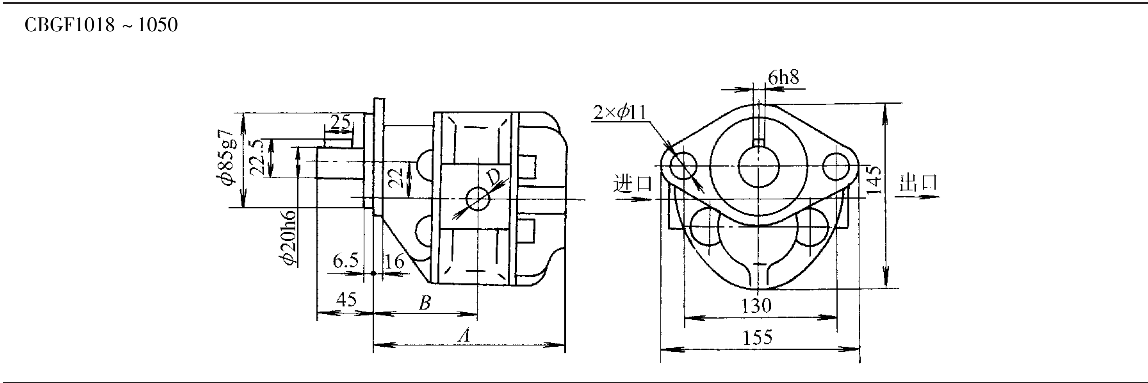
表22.5-11 技术规格

<table>
<tr><th rowspan="2">型 号</th><th>排量</th><th colspan="2">压力/MPa</th><th colspan="2">转速/r·min⁻¹</th><th>容积效率</th><th>总效率</th><th>驱动功率</th><th>重量</th></tr>
<tr><th>/mL·r⁻¹</th><th>额定</th><th>最高</th><th>额定</th><th>最高</th><th>(%)不小于</th><th>(%)不小于</th><th>/kW</th><th>/kg</th></tr>
<tr><td>CBGF1018</td><td>18</td><td rowspan="3">16</td><td rowspan="3">20</td><td rowspan="38">2000</td><td>3000</td><td rowspan="8">91</td><td rowspan="5">82</td><td>11.5</td><td>11.9</td></tr>
<tr><td>CBGF1025</td><td>25</td><td rowspan="13">2500</td><td>15.9</td><td>12.9</td></tr>
<tr><td>CBGF1032</td><td>32</td><td>20.4</td><td>13.8</td></tr>
<tr><td>CBGF1040</td><td>40</td><td>14</td><td>17.5</td><td>22.3</td><td>14.8</td></tr>
<tr><td>CBGF1050</td><td>50</td><td>12.5</td><td>16</td><td>24.9</td><td>16.1</td></tr>
<tr><td>CBGF2040</td><td>40</td><td rowspan="4">16</td><td rowspan="4">20</td><td rowspan="3">81</td><td>29.5</td><td>21.5</td></tr>
<tr><td>CBGF2050</td><td>50</td><td>32.3</td><td>22.5</td></tr>
<tr><td>CBGF2063</td><td>63</td><td>40.7</td><td>23.2</td></tr>
<tr><td>CBGF2080</td><td>80</td><td rowspan="2">92</td><td rowspan="2">83</td><td>51.6</td><td>24.9</td></tr>
<tr><td>CBGF2100</td><td>100</td><td>12.5</td><td>16</td><td>50.4</td><td>25.5</td></tr>
<tr><td>CBG125</td><td>125</td><td rowspan="7">16</td><td rowspan="7">20</td><td rowspan="28">91</td><td rowspan="28">82</td><td>73.4</td><td>39.5</td></tr>
<tr><td>CBG3140</td><td>140</td><td>81.5</td><td>41</td></tr>
<tr><td>CBG160</td><td>160</td><td>93.6</td><td>42.5</td></tr>
<tr><td>CBG3160</td><td>160</td><td>93.6</td><td>42.5</td></tr>
<tr><td>CBGF1018/1018</td><td>36</td><td>3000</td><td>23.0</td><td rowspan="24"></td></tr>
<tr><td>CBGF1025/1018</td><td>43</td><td rowspan="23">2500</td><td>27.4</td></tr>
<tr><td>CBGF1032/1018</td><td>50</td><td>31.9</td></tr>
<tr><td>CBGF1040/1018</td><td>58</td><td>14</td><td>17.5</td><td>33.8</td></tr>
<tr><td>CBGF1050/1018</td><td>68</td><td>12.5</td><td>16</td><td>36.4</td></tr>
<tr><td>CBGF1025/1025</td><td>50</td><td rowspan="2">16</td><td rowspan="2">20</td><td>31.8</td></tr>
<tr><td>CBGF1032/1025</td><td>57</td><td>36.3</td></tr>
<tr><td>CBGF1040/1025</td><td>65</td><td>14</td><td>17.5</td><td>38.2</td></tr>
<tr><td>CBGF1038/1032</td><td>64</td><td rowspan="5">16</td><td rowspan="5">20</td><td>40.8</td></tr>
<tr><td>CBG2040/2040</td><td>80</td><td>59</td></tr>
<tr><td>CBG2050/2040</td><td>90</td><td>61.8</td></tr>
<tr><td>CBG2063/2040</td><td>103</td><td>70.2</td></tr>
<tr><td>CBG2080/2040</td><td>120</td><td>81.1</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2040</td><td>140</td><td>12.5</td><td>16</td><td>79.0</td></tr>
<tr><td>CBG2050/2050</td><td>100</td><td></td><td></td><td>64.6</td></tr>
<tr><td>CBG2063/2050</td><td>113</td><td></td><td></td><td>73</td></tr>
<tr><td>CBG2080/2050</td><td>130</td><td>16</td><td>20</td><td>83.9</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2050</td><td>150</td><td>12.5</td><td>16</td><td>82.7</td></tr>
<tr><td>CBG2063/2063</td><td>126</td><td rowspan="2">16</td><td rowspan="2">20</td><td>81.4</td></tr>
<tr><td>CBG2080/2063</td><td>143</td><td>92.3</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2063</td><td>163</td><td>12.5</td><td>16</td><td>94.1</td></tr>
<tr><td>CBG2080/2080</td><td>160</td><td>16</td><td>20</td><td>103.2</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2080</td><td>180</td><td rowspan="2">12.5</td><td rowspan="2">16</td><td>102</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2100</td><td>200</td><td>100.8</td></tr>
</table>

（3）外形尺寸(见表22.5-12)

表22.5-12 CBG型齿轮泵外形尺寸 （mm）

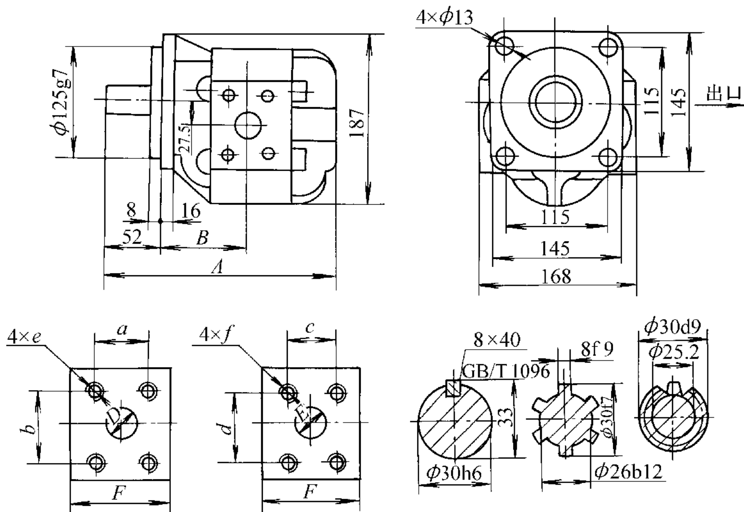
CBGF1018～1050



（续）

型　　号	A	B	油　口　D	
			吸　　口	出　　口
CBGF1018	148.5	79	M22×1.5	M18×1.5
CBGF1025	155.5	82.5	M27×2	M22×1.5
CBGF1032	161.5	85.5	M33×2	M27×2
CBGF1040	168.5	89	M33×2	M27×2
CBGF1050	177.5	93.5		

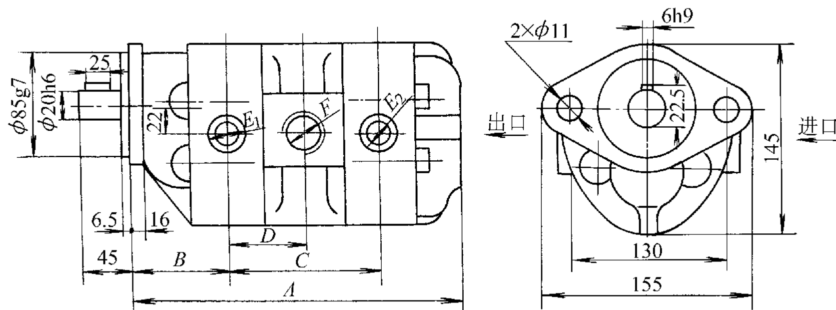
CBG2040～2100



渐开线花键参数：模数2，齿数14，压力角30°，精度6，轴伸花键有效长32

型　　号	A	B	油　　口		F	b	c	d	e×h	$f \times h_1$
			吸口 D	出口 E						
CBG2040	231	95.5	ϕ20	ϕ20	55	48	22	48	M8×20	M8×20
CBG2050	236.5	98	ϕ25		60.5	52			M10×20	
CBG2063	244	102	ϕ32	ϕ25	68	60	26	52		M10×20
CBG2080	253.5	107	ϕ35	ϕ32	77.5	70	30	60	M12×20	
CBG2100	265	112.5	ϕ40		89					

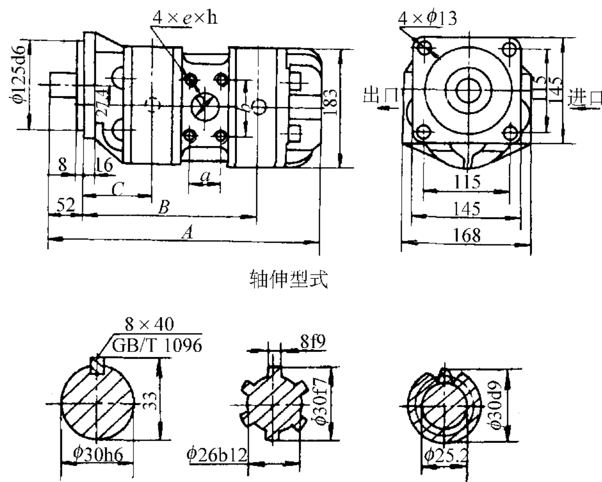
CBGF1018/1018～1032/1032



（续）

<table>
<tr><th>型　　号</th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>吸口 F</th><th>前泵出口 E₁</th><th>后泵出口 E₂</th></tr>
<tr><td>CBGF1018/1018</td><td>274</td><td>80</td><td>124</td><td>62</td><td rowspan="4">M33×2</td><td>M18×1.5</td><td rowspan="5">M18×1.5</td></tr>
<tr><td>CBGF1025/1018</td><td>281</td><td>82</td><td>127.5</td><td>65.5</td><td>M22×1.5</td></tr>
<tr><td>CBGF1032/1018</td><td>284</td><td>85</td><td>130.5</td><td>68.5</td><td rowspan="3">M27×2</td></tr>
<tr><td>CBGF1040/1018</td><td>291</td><td>88.5</td><td>134</td><td>72</td></tr>
<tr><td>CBGF1050/1018</td><td>300</td><td>93</td><td>138.5</td><td>76.5</td><td>M42×2</td></tr>
<tr><td>CBGF1025/1025</td><td>288</td><td>83.5</td><td>131</td><td>65.5</td><td rowspan="2">M33×2</td><td>M22×1.5</td><td rowspan="3">M22×1.5</td></tr>
<tr><td>CBGF1032/1025</td><td>291</td><td>85</td><td>134</td><td>68.5</td><td rowspan="3">M27×2</td></tr>
<tr><td>CBGF1040/1025</td><td>298</td><td>88.5</td><td>137.5</td><td>72</td><td rowspan="2">M42×2</td></tr>
<tr><td>CBGF1032/1032</td><td>300</td><td>86.5</td><td>137</td><td>68.5</td><td>M27×2</td></tr>
</table>

CBG2040/2040～2100/2100



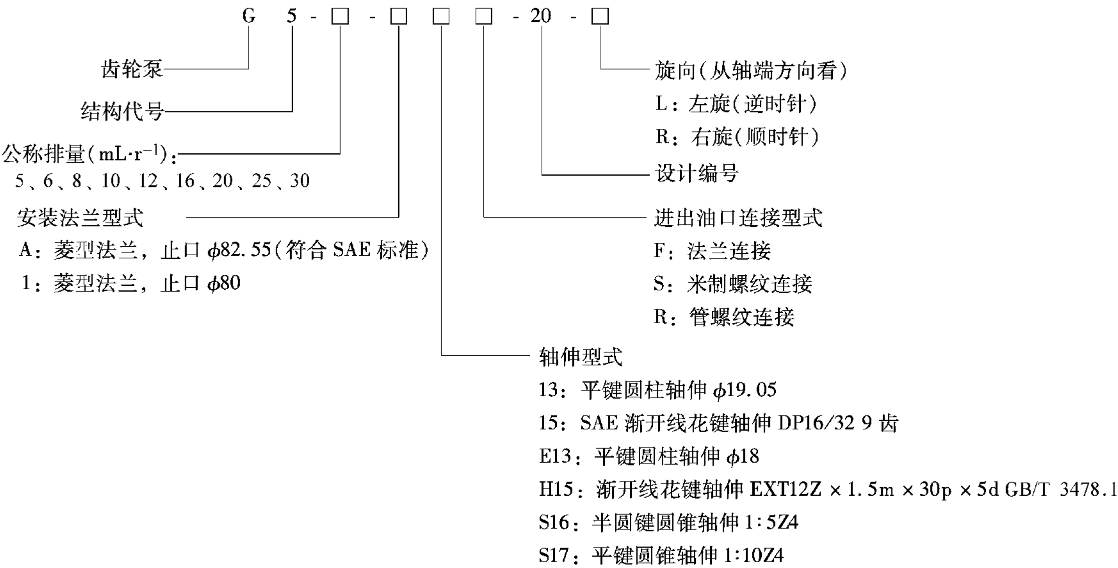
轴伸型式

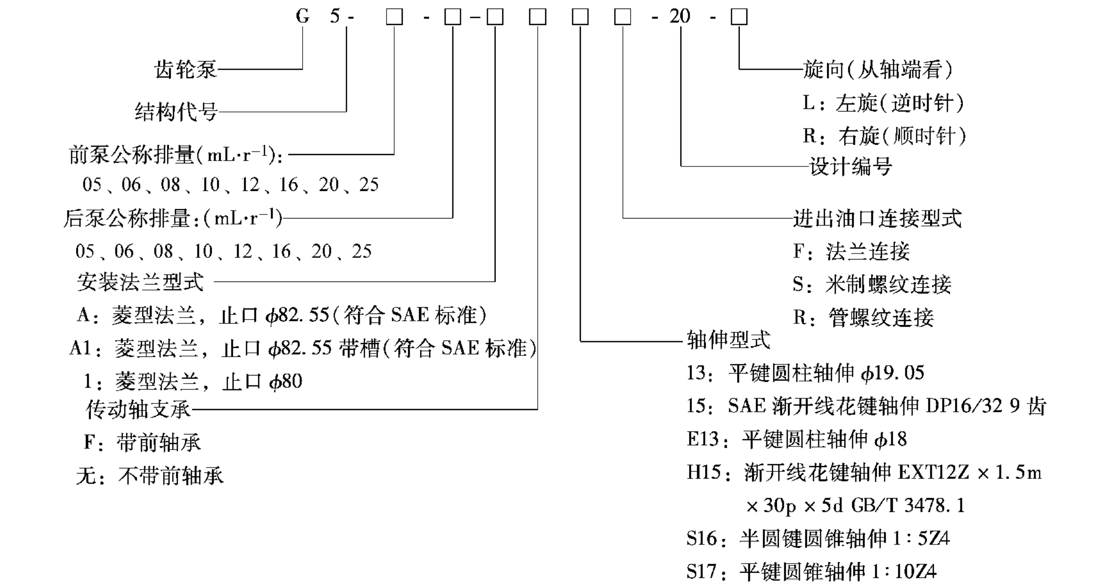
<table>
<tr><th>型　　号</th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>a</th><th>b</th><th>e×h</th></tr>
<tr><td>CBG2040/2040</td><td>369</td><td>243</td><td>104.5</td><td rowspan="2">ϕ32</td><td rowspan="2">32</td><td rowspan="2">60</td><td rowspan="2">M10×17</td></tr>
<tr><td>CBG2050/2040</td><td>374</td><td>248</td><td>107</td></tr>
<tr><td>CBG2063/2040</td><td>382</td><td>256</td><td>111</td><td>ϕ35</td><td rowspan="9">36</td><td rowspan="9">70</td><td rowspan="13">M12×20</td></tr>
<tr><td>CBG2080/2040</td><td>392</td><td>266</td><td>115.5</td><td rowspan="2">ϕ40</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2040</td><td>403</td><td>277</td><td>121.5</td></tr>
<tr><td>CBG2050/2050</td><td>379</td><td>251</td><td>107</td><td>ϕ35</td></tr>
<tr><td>CBG2063/2050</td><td>387</td><td>259</td><td>110</td><td rowspan="5">ϕ40</td></tr>
<tr><td>CBG2080/2050</td><td>396</td><td>268</td><td>115.5</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2050</td><td>409</td><td>280</td><td>121.5</td></tr>
<tr><td>CBG2063/2063</td><td>395</td><td>263</td><td>110</td></tr>
<tr><td>CBG2080/2063</td><td>405</td><td>272</td><td>115.5</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2063</td><td>416</td><td>284</td><td>121.5</td><td rowspan="4">ϕ50</td><td rowspan="4">45</td><td rowspan="4">80</td></tr>
<tr><td>CBG2080/2080</td><td>413</td><td>276.5</td><td>115.5</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2080</td><td>426</td><td>288</td><td rowspan="2">121.5</td></tr>
<tr><td>CBG2100/2100</td><td>437</td><td>294.5</td></tr>
</table>

注：两个出口和单泵出口尺寸相同。

5.6 G5型齿轮泵

（1）型号说明





（2）技术规格(见表22.5-13、14)

表22.5-13 G5型单齿轮泵技术规格

型号	排量 /mL·r⁻¹	额定压力 /MPa	最高转速 /r·min⁻¹	最低转速 /r·min⁻¹	输入功率/kW (额定压力额定转速下)		A /mm	B /mm	重量 /kg
G5-5	5.2	20	4000	900	8.5	84.0	59.0		1.9
G5-6	6.4	25		1000	13.3	86.0	61.0		2.0
G5-8	8.1				16.7	88.5	63.5		2.1
G5-10	10.0			900	20.1	91.5	66.5		2.2

（续）

型号	排量 $/mL \cdot r^{-1}$	额定压力 /MPa	最高转速 $/r \cdot min^{-1}$	最低转速 $/r \cdot min^{-1}$	输入功率/kW （额定压力额定转速下）		A /mm	B /mm	重量 /kg
G5-12	12.6	25	3600	900	22.8	95.5	70.5		2.3
G5-16	15.9		3300		26.3	100.5	75.5		2.4
G5-20	19.9	20	3100	750	24.8	106.5	81.5		2.5
G5-25	25.0	16	2800	600	22.5	114.5	89.5		2.7
G5-30	30.1		2000		19.4	122.5	97.5		2.9

表 22.5-14 G5 型双联齿轮泵技术规格

公称排量 $/mL \cdot r^{-1}$	理论排量 $/mL \cdot r^{-1}$	额定压力 /MPa	尺寸 a_1，a_2 /mm	在额定压力下的转速$/r \cdot min^{-1}$		第一联泵重量 b_1/kg	第二联泵重量 b_2/kg	输入功率/kW （额定压力额定转速下）
				最高转速	最低转速			
5	5.2	20	8	4000	900	0.50	0.45	8.5
6	6.4	25	10		1000	0.56	0.50	13.3
8	8.1		12.5			0.63	0.55	16.7
10	10.0		15.5		900	0.71	0.65	20.1
12	12.6		19.5	3600		0.82	0.75	22.8
16	15.9		24.5	3300		0.95	0.90	26.3
20	19.9	20	30.5	3100	750	1.15	1.10	24.8
25	25.0	16	38.5	2800	600	1.30	1.15	22.5

注：1. 重量计算公式：

不带前轴承 $2.45 + b_1 + b_2$

带前轴承 $3.2 + b_1 + b_2$

2. 尺寸计算公式：

不带前轴承 A：$130 + a_1 + a_2$；B：$56 + a_1$；C：$49 + a_2$

带前轴承 A：$158 + a_1 + a_2$；B：$84 + a_1$；C：$49 + a_2$

3. 齿轮泵总负荷对于 13、E13、S16、S17 号轴伸为

$p_1 \times V_1 + p_2 \times V_2 \leqslant 800$

对于 15、H15 号轴伸为

$p_1 \times V_1 + p_2 \times V_2 \leqslant 400$

式中 p_1、p_2——压力（MPa）；

V_1、V_2——流量（$mL \cdot r^{-1}$）。

4. 额定压力下的最高转速由最大排量确定。

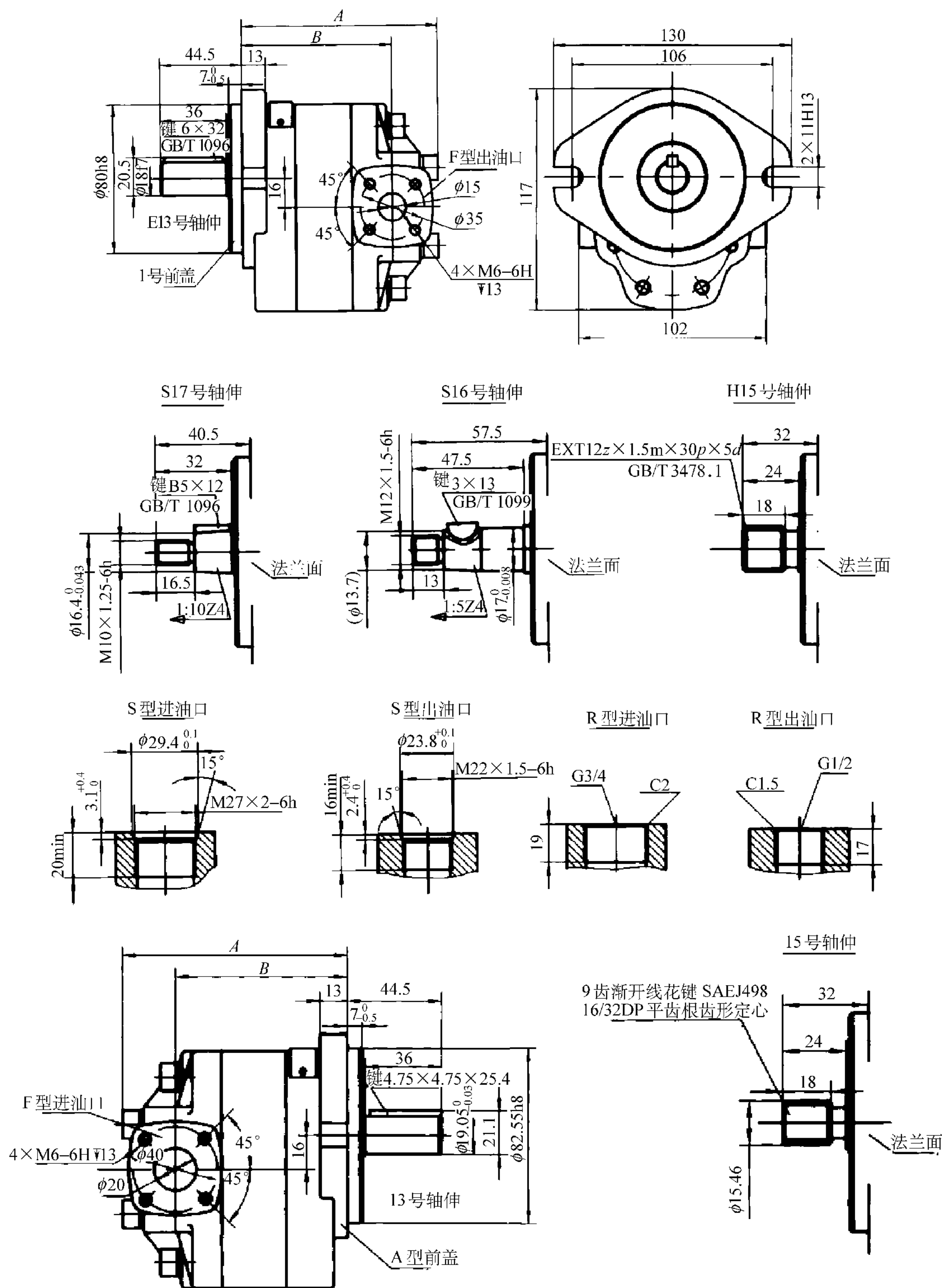
额定压力下的最低转速由最小排量确定。

输入功率取各联泵之和（表中是单泵功率）。

（3）外形尺寸（见表 22.5-15）

表 22.5-15　G5 型齿轮泵外形尺寸

G5 型单齿轮泵



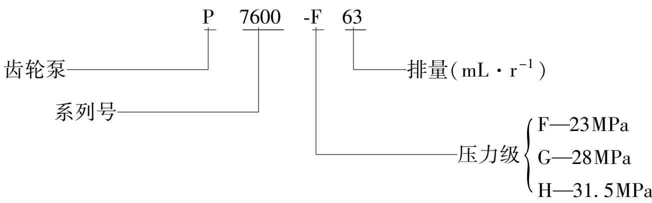
（续）

G5 型双联齿轮泵

注：括号内数值为带前轴承前盖

5.7　P 系列高压齿轮泵

（1）型号说明



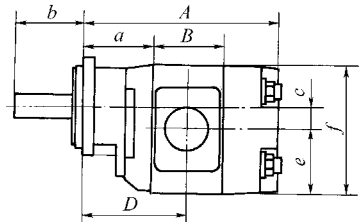
（2）技术规格(见表 22.5-16)

表 22.5-16　技术规格

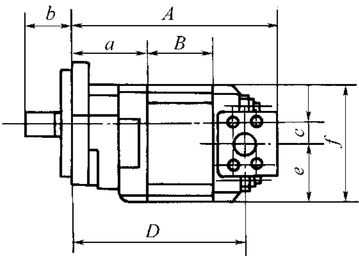
系　列	型　号	排　量 /mL·r⁻¹	压力/MPa 额定	压力/MPa 最高	工作转速 /r·min⁻¹	输入功率/kW	重量/kg
P7600	P7600-F63	63	23	28	2400	69.36	31.6
	P7600-F80	80				86	32.6
	P7600-F100	100				109.9	33.4
	P7600-F112	112				123.2	34.8
	P7600-F125	125				141	36.1
	P7600-F140	140				154	36.8
	P7600-F150	150				160	37.4
	P7600-F160	160				176	38.7
	P7600-F180	180				198	39.6
	P7600-F200	200				220	40.5
P5100	P5100-F20	20				22.5	14.5
	P5100-F32	32				36	16.1
	P5100-F40	40				44	17.6
	P5100-F50	50				55	19.6
	P5100-F63	63				69.4	20.2
	P5100-F80	80				86	21.6
	P5100-F90	90				99	22.4
	P5100-F100	100				109.9	23.3
P3100	P3100-F15	15				16.5	13.1
	P3100-F20	20				22	13.7
	P3100-F32	32				35.2	14.3
	P3100-F40	40				44	14.9
	P3100-F50	50				55	15.5
	P3100-F55	55				62	15.95
	P3100-F63	63				69.4	16.4
P197	P197-G15	15	28			23.1	13.1
	P197-G20	20				32.9	13.7
	P197-G32	32				46.3	14.3
	P197-G40	40				55.6	14.9
	P197-G50	50				65.9	15.5
	P197-G63	63				88.8	16.4
P257	P257-H20	20	31.5			35.2	15.6
	P257-H32	32				49	16.8
	P257-H40	40				68.4	17.6
	P257-H50	50				82	19.6
	P257-H63	63				98.25	20.2
	P257-H80	80				129.9	21.6
	P257-H90	90				127.5	22.4
	P257-H100	100				134.3	23.3

（3）外形尺寸（见表22.5-17）

表22.5-17　P系列高压齿轮泵外形尺寸　　（mm）

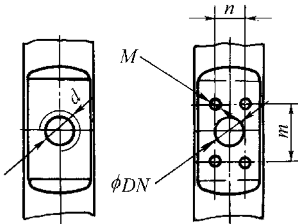


7600、5100、3100系列单泵外形图



197、257系列单泵外形图

型号		a	A	B	b	c	e	f	D
P7600	F63	95.25	196.85	50.80	56	31.75	101.60	203.20	120.65
	F80		203.20	57.15					123.83
	F100		209.55	63.50					127.00
	F112		215.90	69.85					130.18
	F134		222.25	76.20					133.35
	F140		225.43	79.38					134.94
	F150		228.60	82.55					136.53
	F160		234.95	88.90					139.70
	F180		241.30	95.25					142.88
	F200		247.65	101.60					146.05
P5100	F40	85.85	174.70	44.40	56	25.40	79.25	158.75	108.05
	F50		181.05	50.75					111.23
	F63		187.40	57.10					114.40
	F80		200.10	69.80					120.75
	F90		206.45	76.15					123.93
	F100		212.80	82.50					127.10
P3100	F15	74.68	150.88	31.70	42	22.35	70.61	139.70	96.70
	F20		157.23	38.05					99.88
	F32		163.58	44.40					103.05
	F40		169.93	50.75					109.40
	F50		176.28	57.10					
	F63		188.98	69.80					
P197	G15	74.68	164.34	25.4	42	22.35	71.88	143.76	133.35
	G20		170.69	31.75					139.7
	G32		177.04	38.1					146.05
	G40		183.39	44.45					152.4
	G50		189.39	50.8					158.75
	G63		202.44	63.5					171.45
P257	H20	88.7	190.3	25.4	56	25.4	72.18	144.37	152.15
	H32		196.65	31.75					158.5
	H40		203	38.1					164.85
	H50		209.35	44.45					171.2
	H63		215.7	50.8					177.55
	H80		228.4	63.5					190.25
	H90		234.75	69.85					196.6
	H100		241.1	76.2					202.95



螺纹连接　　法兰连接

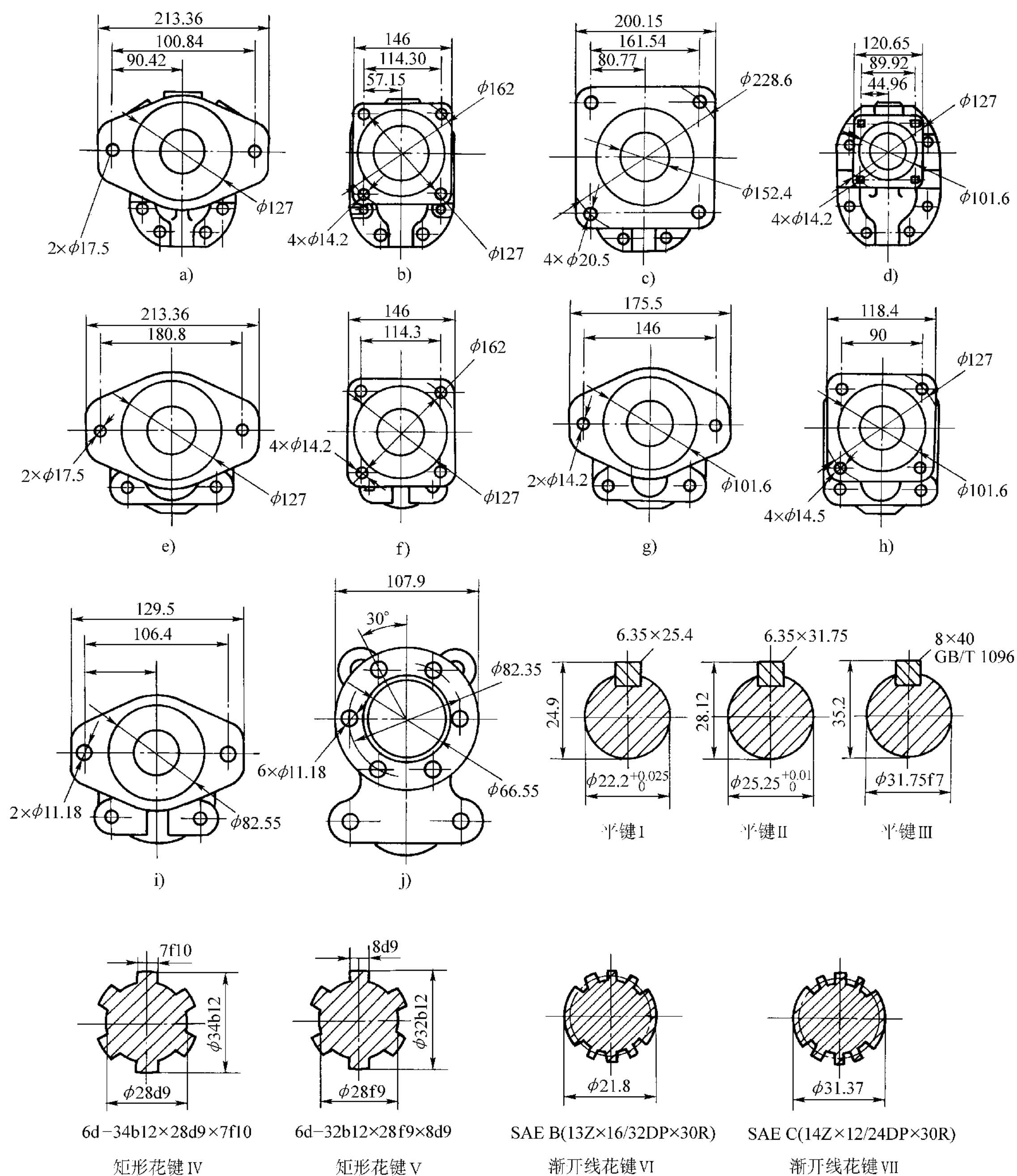
进出油口型式(根据用户需要选定)

ϕDN	m+0.1	n+0.1	M	d(NPT)/in
13	38.1	17.5	M8	1/2
19	47.6	22.3	M10	3/4
25	52.4	26.2	M10	1
32	58.7	30.2	M10	1¼
38	69.9	35.7	M12	1½
51	77.8	42.92	M12	2
64	88.9	50.8	M12	2½

前盖及轴伸型式（可根据用户要求选定）

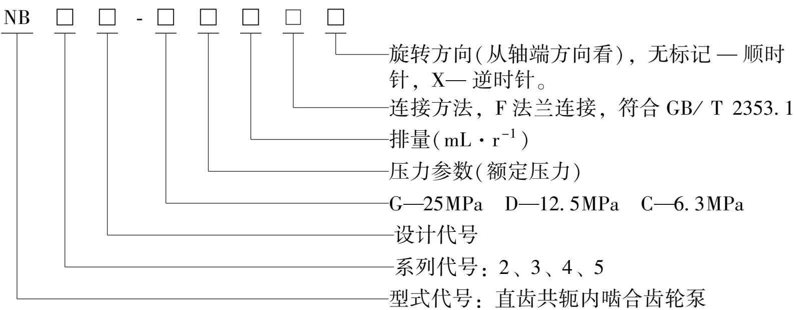
系　列	P7600	P5100	P3100	P197	P257
前盖型式	a、b、c、d	e、f、g、h	f、g、h、i、j	e、f、g、h	e、f、g、h
轴伸型式	Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅶ	Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ	Ⅰ、Ⅱ、Ⅵ、Ⅴ	Ⅰ、Ⅱ、Ⅵ、Ⅶ	Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅶ

（续）



5.8 NB型内啮合齿轮泵

（1）型号说明



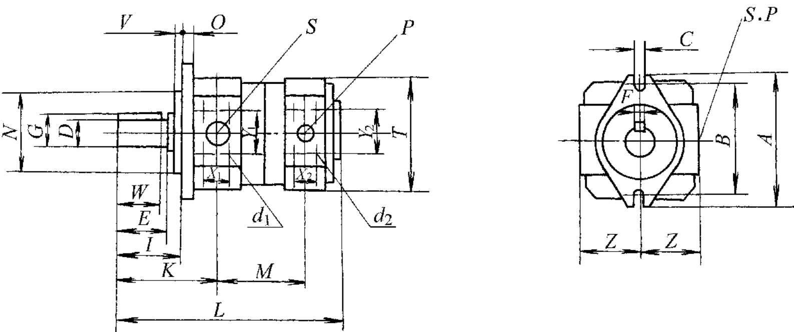
(2) 技术规格(见表 22. 5-18)

表 22. 5-18　技术规格

型　　号	公称排量 /mL · r⁻¹	压力/MPa 额定	压力/MPa 最高	额定转速 /r · min⁻¹	额定功率 /kW
NB2-G16F	16	25	32	1500	11
NB2-G12F	12				9
NB2-G10F	10				7
NB3-G32F	32				22
NB3-G25F	25				17
NB3-G20F	20				14
NB4-G63F	63				42
NB4-G50F	50				34
NB4-G40F	40				27
NB5-G125F	125				82
NB5-G100F	100				66
NB5-G80F	80				53

(3) 外形尺寸(见表 22. 5-19)

表 22. 5-19　NB※-G 型内啮合齿轮泵外形尺寸　　(mm)



系列号 / 排量 / 尺寸	NB2-G			NB3-G			NB4-G			NB5-G		
	16	12	10	32	25	20	63	50	40	125	100	80
S	ϕ30			ϕ38			ϕ50			ϕ64		
P	ϕ20			ϕ25			ϕ30			ϕ38		
A	140			177			224			280		
B	109			140			180			224		
C	11			14			18			22		
I	50			68			92			92		
K	88			112			144			153		
L	242			297			368			430		
M	108			132			162			200		
N	ϕ80h8			ϕ100h8			ϕ125h8			ϕ160h8		
O	12			16			20			24		
T	115			145			180			224		

（续）

系列号 / 排 量 / 尺 寸	NB2-G			NB3-G			NB4-G			NB5-G		
	16	12	10	32	25	20	63	50	40	125	100	80
V	7			9			9			9		
Z	60			75			93			115		
D	ϕ25j6			ϕ32j6			ϕ40j6			ϕ50j6		
E	42			58			82			82		
F	8			10			12			14		
G	28			35			43			53. 5		
W	38			54			70			80		
X_1	30			36			43			51		
Y_1	59			70			78			89		
d_1	M10×25			M12×30			M12×30			M12×30		
X_2	22			26			30			36		
Y_2	48			52			59			70		
d_2	M10×25			M10×25			M10×25			M12×30		
重量/kg	15			28			53			103		

6 叶片泵产品

6.1 叶片泵产品技术参数概览(见表22. 5-20)

表22. 5-20 叶片泵产品技术参数概览

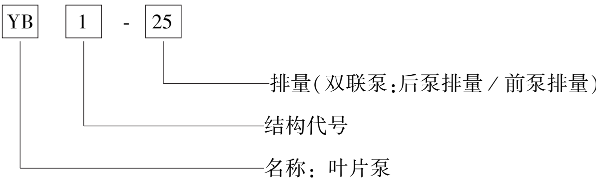
类别	型号	排 量 /mL·r^{-1}	压 力 /MPa	转 速 /r·min^{-1}	生 产 厂
定量叶片泵	YB$_1$	2. 5～100 2. 5/2. 5～100/100	6. 3	960～1450	上海液压件厂 阜新液压件厂 武汉液压件厂
	YB	6. 4～194	7	1000～1500	榆次液压件厂 大连液压工业有限责任公司
		10～114	10. 5	1500	
	YB-D	6. 3～100	10	600～2000	上海液压件厂
	YB-E	6～80 10/32～50/100	16	600～1500	南京液压件厂 广东液压泵厂
	YB$_1$-E	10～100	18	600～1800	上海液压件厂 广东液压泵厂
	YB$_2$-E	10～200	16	600～2000	榆次液压件厂
	PV2R	6～237 6/26～116/287	14～16	750～1800	阜新液压件厂
	T6	10～214	24. 5～28	600～1800	台湾湧镇液压
	YZB	6～194	14	600～1200	榆次液压件厂 大连液压工业有限责任公司
	PFE	16. 5～129. 2 16. 5/29. 3～85. 3/150. 2	21	800～2000	榆次液压件厂
	YYB	6/6～194/113	7	600～2000	榆次液压件厂 大连液压工业有限责任公司
变量叶片泵	VPVC	6. 7～22. 2	7	800～1800	台湾湧镇液压
	HVPVC	16. 7～47. 8	14	800～1800	
	V4	20～50	16	1450	大连液压工业有限责任公司
	YBN	20，40	7	600～1800	榆次液压件厂 大连液压工业有限责任公司

（续）

类别	型号	排　　量 /mL·r^{-1}	压　　力 /MPa	转　　速 /r·min^{-1}	生　产　厂
变量叶片泵	YBX	16，25，40	6.3	600～1500	上海液压件厂 阜新液压件厂 邵阳液压件厂
	YBP	10～63	6.3～10	600～1500	南京液压件厂
	YBP-E	20～125	16	1000～1500	广东液压件厂 大连液压工业有限责任公司

6.2　YB_1 型叶片泵

（1）型号说明



（2）技术规格(表22.5-21)

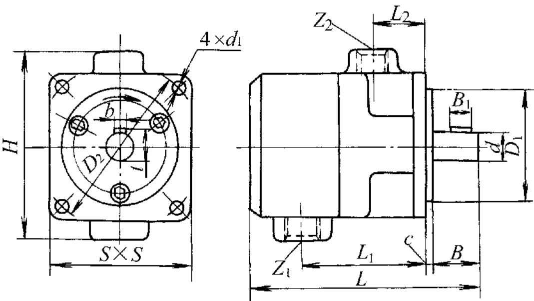
表22.5-21　技术规格

型　　号	排量/mL·r^{-1}	额定压力/MPa	转速/r·min^{-1}	驱动功率/kW	重量/kg
YB_1-2.5	2.5	6.3	1450	0.6	5.3
YB_1-4	4			0.8	
YB_1-6	6			1.5	
YB_1-10	10			2.2	
YB_1-12	12	6.3	960	2	8.7
YB_1-16	16			2.2	
YB_1-25	25			4	
YB_1-32	32			5	16.0
YB_1-40	40			5.5	
YB_1-50	50			7.5	
YB_1-63	63			10	20.0
YB_1-80	80			12	
YB_1-100	100			13	

（3）外形尺寸(见表22.5-22)

表22.5-22　YB_1 型叶片泵外形尺寸　　（mm）

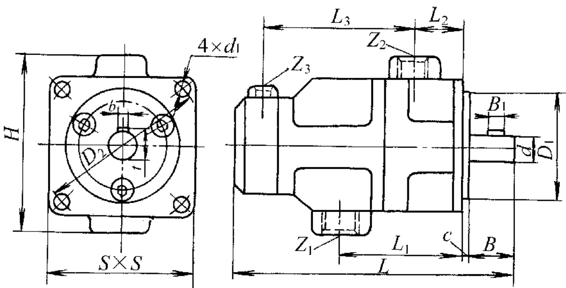
YB_1 型单叶片泵



（续）

型　　号	L	L_1	L_2	L_3	B	B_1	H	S	D_1	D_2	d	d_1	c	t	b	Z_1	Z_2
YB_1-2.5、4、6.3、10	149	80	36		36	16	114	90	ϕ75f7	ϕ100	ϕ15h6	ϕ9	5	17	5	Z3/8	Z1/4
YB_1-16、20、25	184	98	38		45	20	140	110	ϕ90f7	ϕ128	ϕ20h6	ϕ11	5	22	5	Z1	Z3/4
YB_1-32、40、50	210	110	45		50	25	170	130	ϕ90f7	ϕ150	ϕ25h6	ϕ13	5	28	8	Z1	Z1
YB_1-63、80、100	224	118	49		50	30	200	150	ϕ90f7	ϕ175	ϕ30h6	ϕ13	5	33	8	Z1$^1/_4$	Z1

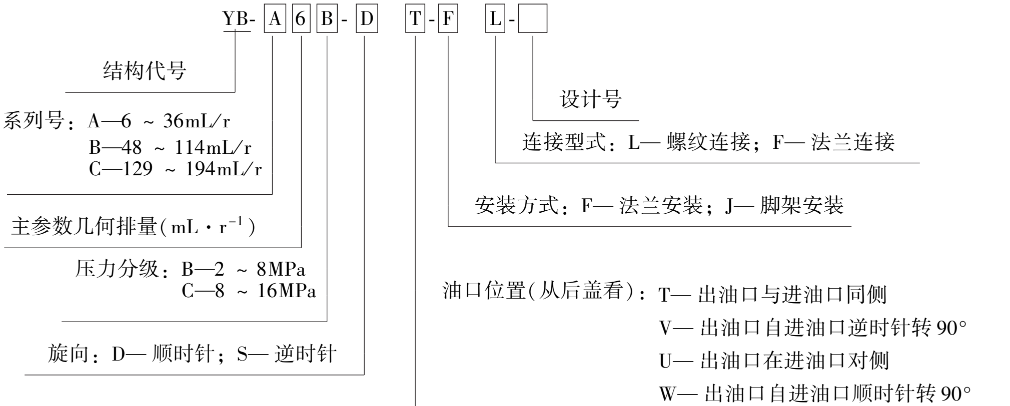
YB_1 型双联叶片泵



型　　号	L	L_1	L_2	L_3	B	B_1	H	S	D_1	D_2	d	d_1	c	t	b	Z_1	Z_2	Z_3
YB_1-2.5～10/2.5～10	218	98	36	128	36	19	119	90	ϕ75f7	ϕ100	ϕ15h6	ϕ9	5	17	5	Z3/4	Z1/4	Z1/4
YB_1-2.5～10/16～25	248	105	38	136	45	19	142	110	ϕ90f7	ϕ128	ϕ20h6	ϕ11	5	22	5	Z1	Z3/4	Z1/4
YB_1-2.5～10/32～50	278	119	45	166	50	30	175	130	ϕ90f7	ϕ150	ϕ25h6	ϕ13	5	28	8	Z1$^1/_4$	Z1	Z1/4
YB_1-2.5～10/63～100	303	150	49	178	50	30	200	150	ϕ90f7	ϕ175	ϕ30h6	ϕ13	5	33	8	Z1$^1/_2$	Z1	Z1/4
YB_1-16～25/16～25	276	122	38	166	45	19	142	110	ϕ90f7	ϕ128	ϕ20h6	ϕ11	5	22	5	Z1	Z3/4	Z3/4
YB_1-16～25/32～50	304	121	45	183	50	30	175	130	ϕ90f7	ϕ150	ϕ25h6	ϕ13	5	28	8	Z1$^1/_4$	Z1	Z3/4
YB_1-16～25/63～100	320	144	49	194	50	30	205	150	ϕ90f7	ϕ175	ϕ30h6	ϕ13	5	33	8	Z1$^1/_2$	Z1	Z3/4
YB_1-32～50/32～50	316	139	45	190	50	30	175	130	ϕ90f7	ϕ150	ϕ25h6	ϕ13	5	28	8	Z1$^1/_4$	Z1	Z1
YB_1-32～50/63～100	337	128	49	207	50	30	205	150	ϕ90f7	ϕ175	ϕ30h6	ϕ13	5	33	8	Z2	Z1	Z1
YB_1-63～100/63～100	348	158	49	218	50	30	205	150	ϕ90f7	ϕ175	ϕ30h6	ϕ13	5	33	8	Z2	Z1	Z1

6.3　YB-※车辆用叶片泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.5-23)

表22.5-23　技术规格

型　号	排量/mL·r⁻¹	额定压力/MPa	输出流量/L·min⁻¹	驱动功率/kW	转速/r·min⁻¹			重量/kg		油口尺寸	
					额定	最低	最高	脚架安装	法兰安装	进口	出口
YB-A6B	6.5	7	4.0	1.0	1000	800	2000	10	9	Z1	Z¾
YB-A9B	9.1		6.9	1.3		600					
YB-A14B	14.5		11.9	2.1							
YB-A16B	16.3		13.7	2.4			1800				
YB-A26B	26.1		22.5	3.8							
YB-A36B	35.9		30.9	5.2			1500				
YB-B48B	48.3		42.7	6.9			1500	25	25	Z1½	Z1¼
YB-B60B	61.0		53.9	8.7							
YB-B74B	74.8		66.1	10.7							
YB-B92B	93.5		83.5	13.4			1200				
YB-B113B	115.4		102.8	16.5							
YB-C129B	133.9		119.3	19.2				114	110	Z2	Z1½
YB-C148B	153.0		136.3	21.9							
YB-C171B	176.9		157.6	25.3							
YB-C194B	200.9		179.0	28.8							

注：表中输出流量、驱动功率均为额定工况下保证值。

（3）外形尺寸(见表22.5-24)

表22.5-24　YB-※车辆用叶片泵外形尺寸

型号	安装方式	外形尺寸
YB-A※B型	脚架安装式	140；Z¾(出口)；Z1(入口)；4×φ12；75±0.1；15；116；140；198；104；137.5；φ125；50；90；78；50
	法兰安装式	120×120；110×110；90×90；4×φ12；198；54；50；15；15；φz
YB-B※B型	脚架安装式	200；Z1/4(出口)；Z1/2(入口)；4×φ12；101.5±0.1；16；197；225；235；108.5；186.5；φ170；114；140；66；53

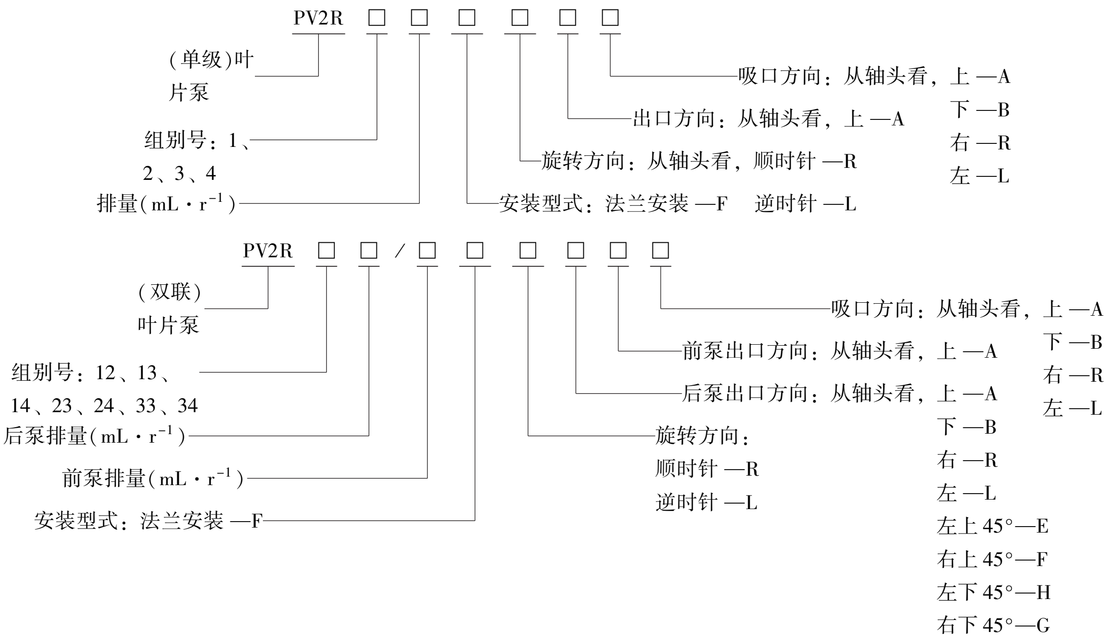
（续）

YB-B※B 型	法兰安装式	
YB-C※B 型	脚架安装式	
	法兰安装式	
轴伸尺寸		

型　　号	尺寸/mm					
	ϕd	k	t	u	y	ϕz
YB-A※B	$22_{-0.021}^{0}$	$5_{-0.022}^{-0.010}$	24	21	20	$96_{-0.035}^{0}$
YB-B※B	$30_{-0.021}^{0}$	$7_{-0.027}^{-0.013}$	33	25	25	$160_{-0.04}^{0}$
YB-C※B	$50_{-0.025}^{0}$	$12_{-0.027}^{0}$	53.5	85	—	$280_{-0.054}^{0}$

6.4　PV2R 型叶片泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-25)

表 22.5-25　技术规格

<table>
<tr><th rowspan="2">型　　号</th><th rowspan="2">排　　量
/mL·r⁻¹</th><th rowspan="2">压力
/MPa</th><th colspan="2">转速/r·min⁻¹</th><th rowspan="2">重量/kg</th></tr>
<tr><th>最高</th><th>最低</th></tr>
<tr><td>PV2R1-6</td><td>6</td><td rowspan="8">16</td><td rowspan="15">1000</td><td rowspan="8">750</td><td rowspan="8">7.8</td></tr>
<tr><td>PV2R1-8</td><td>8.2</td></tr>
<tr><td>PV2R1-10</td><td>9.7</td></tr>
<tr><td>PV2R1-12</td><td>12.6</td></tr>
<tr><td>PV2R1-14</td><td>14.1</td></tr>
<tr><td>PV2R1-17</td><td>17.1</td></tr>
<tr><td>PV2R1-19</td><td>19.1</td></tr>
<tr><td>PV2R1-23</td><td>23.4</td></tr>
<tr><td>PV2R1-26</td><td>26.6</td><td rowspan="22">14</td><td rowspan="15">600</td><td rowspan="4">17.7</td></tr>
<tr><td>PV2R2-33</td><td>33.3</td></tr>
<tr><td>PV2R2-41</td><td>41.3</td></tr>
<tr><td>PV2R2-47</td><td>47.2</td></tr>
<tr><td>PV2R3-52</td><td>52.2</td><td rowspan="6">36.7</td></tr>
<tr><td>PV2R3-60</td><td>59.6</td></tr>
<tr><td>PV2R3-66</td><td>66.3</td></tr>
<tr><td>PV2R3-76</td><td>76.4</td><td rowspan="15">1800</td></tr>
<tr><td>PV2R3-94</td><td>93.6</td></tr>
<tr><td>PV2R3-116</td><td>115.6</td></tr>
<tr><td>PV2R4-136</td><td>136</td><td rowspan="5">70</td></tr>
<tr><td>PV2R4-153</td><td>153</td></tr>
<tr><td>PV2R4-184</td><td>184</td></tr>
<tr><td>PV2R4-200</td><td>201</td></tr>
<tr><td>PV2R4-237</td><td>237</td></tr>
<tr><td>PV2R12-6～23/26～47</td><td>32.6～60.6</td><td rowspan="3">750</td><td rowspan="7">28
43.6
75
53
78
84
98</td></tr>
<tr><td>PV2R13-6～23/52～116</td><td>58.2～139</td></tr>
<tr><td>PV2R14-6～23/136～237</td><td>142～260.4</td></tr>
<tr><td>PV2R23-26～47/52～116</td><td>78.8～162.8</td><td rowspan="4">600</td></tr>
<tr><td>PV2R24-26～47/136～237</td><td>162.6～284.2</td></tr>
<tr><td>PV2R33-52～116/52～116</td><td>104.4～231.2</td></tr>
<tr><td>PV2R34-52～116/136～237</td><td>188.2～352.6</td></tr>
</table>

（3）外形尺寸（见图 22.5-2）

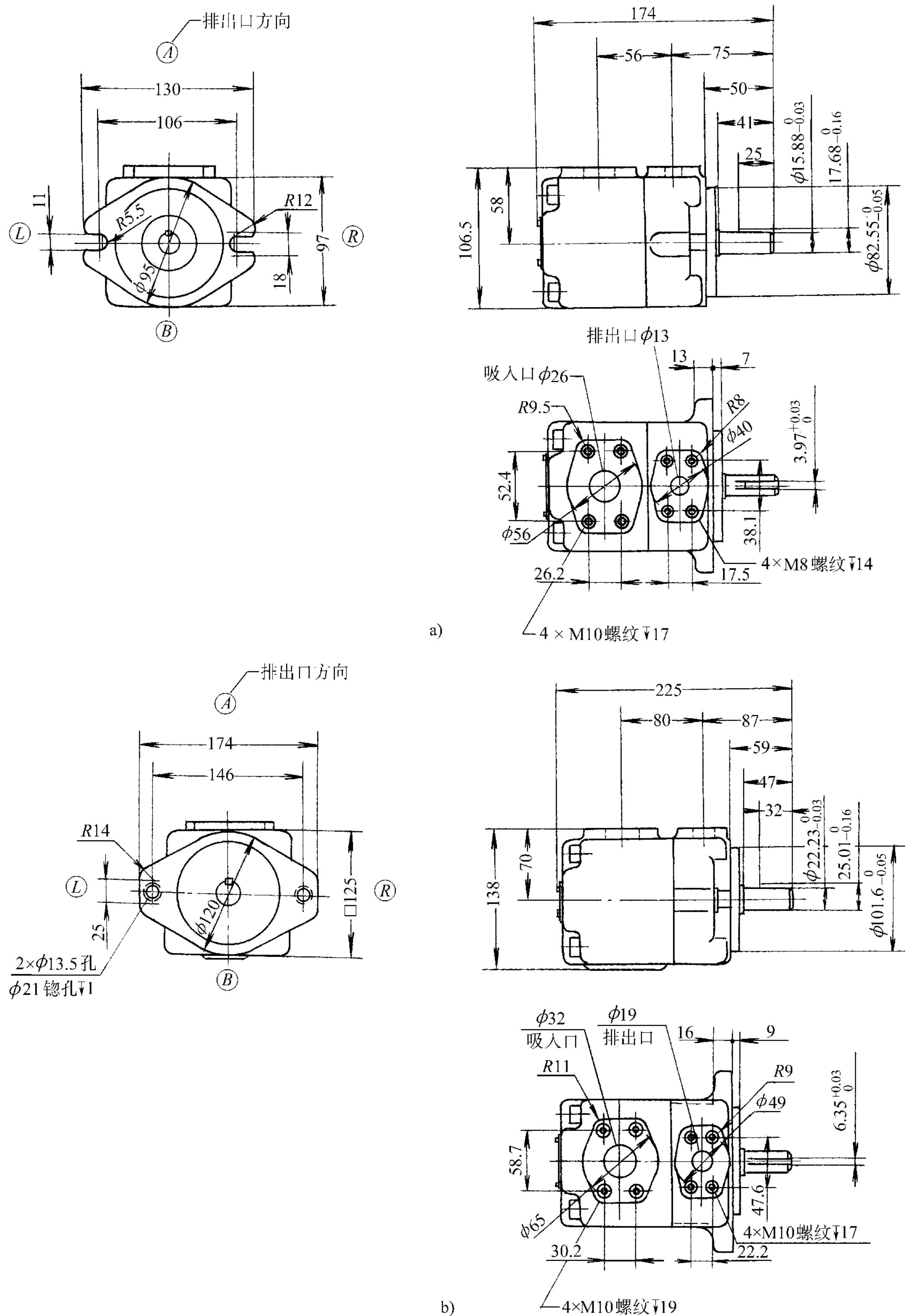
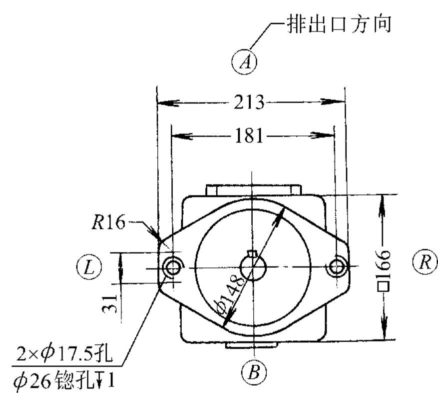
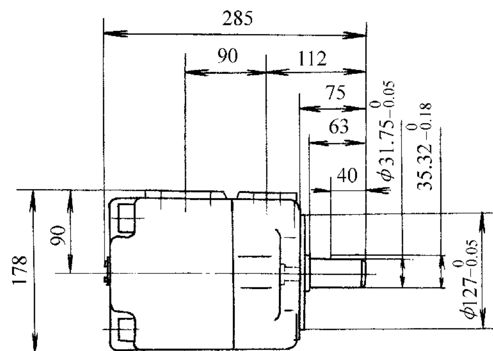
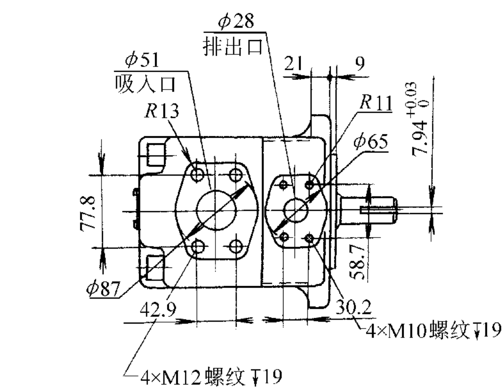


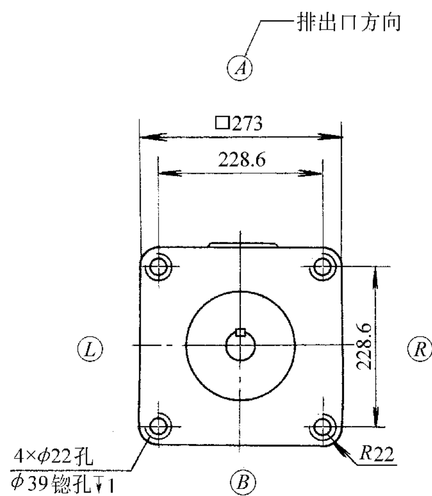
图 22.5-2　PV2R 型叶片泵外形尺寸
a）PV2R1 型　b）PV2R2 型

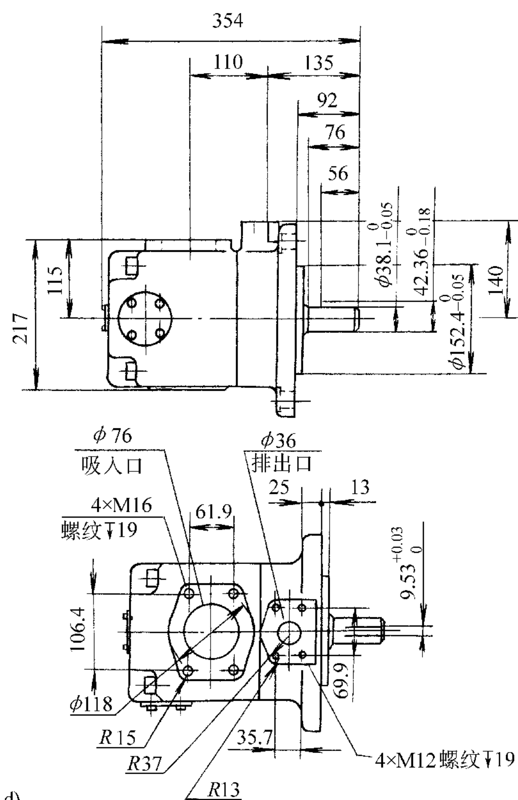






c)





d)

图 22. 5-2　PV2R 型叶片泵外形尺寸(续)
c）PV2R3 型　d）PV2R4 型

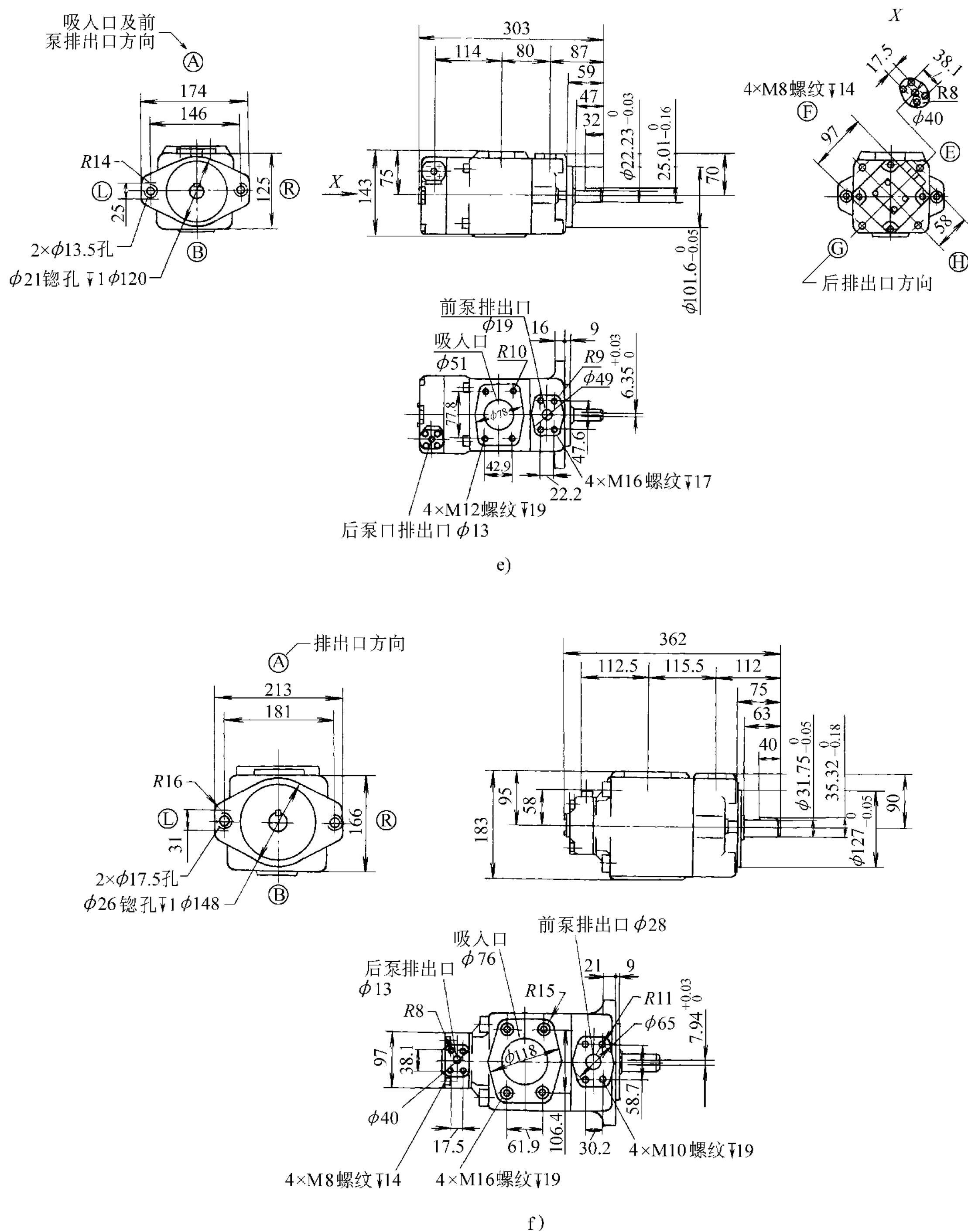
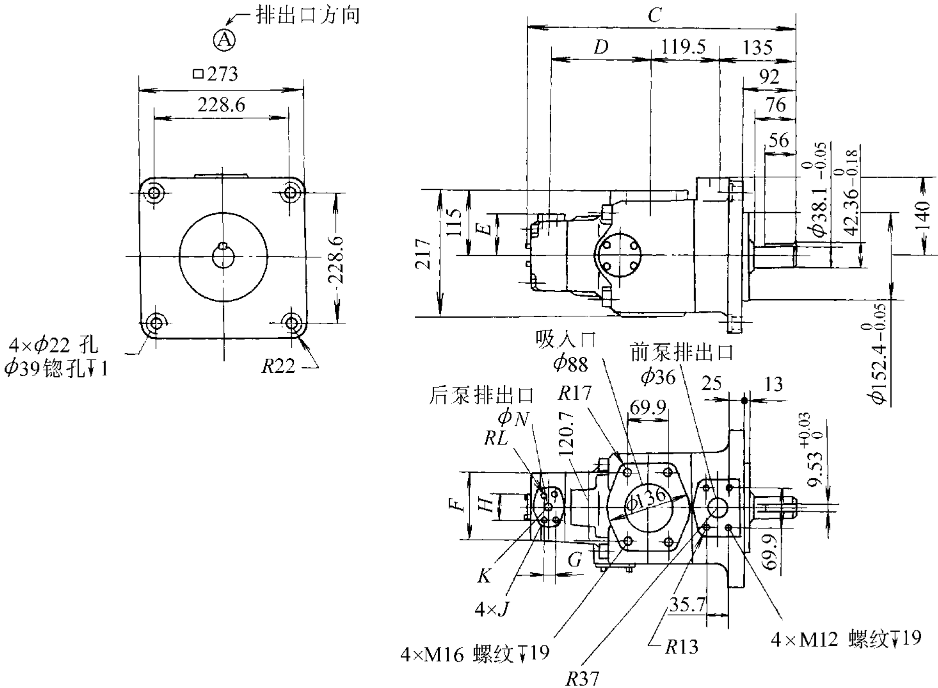


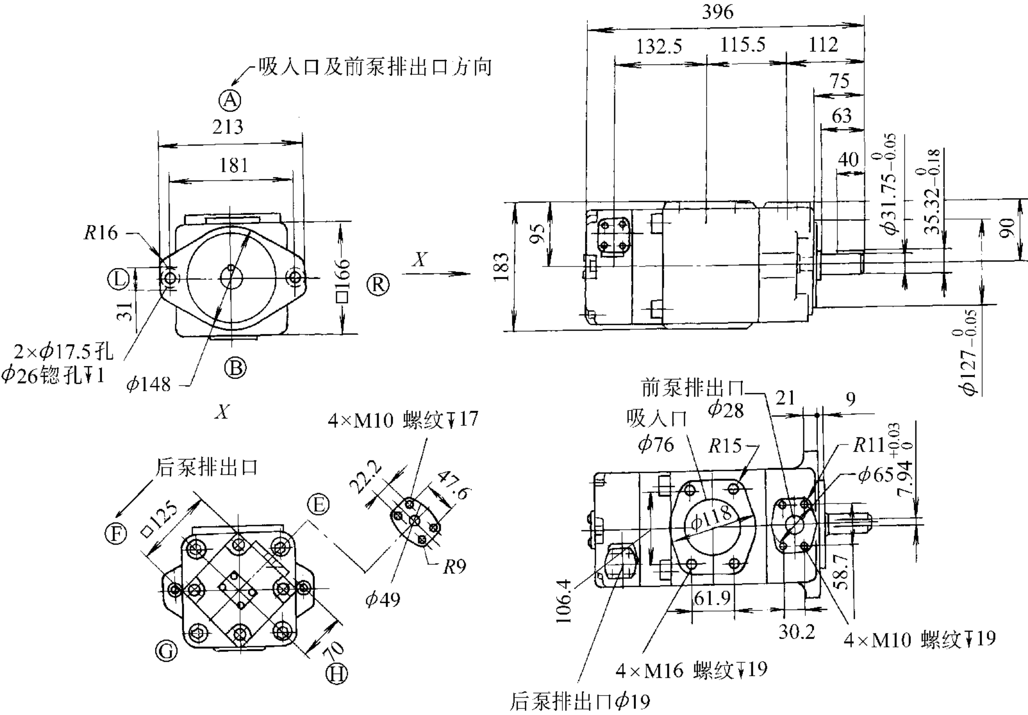
图22.5-2 PV2R型叶片泵外形尺寸(续)

e) PV2R12型 f) PV2R13型



产 品 型 号	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N
PV2R14	42. 3	146. 5	58	97	17. 5	38. 1	M8 螺纹深 14	40	8	13
PV2R24	462	171. 5	70	125	22. 2	47. 6	M10 螺纹深 17	49	9	19

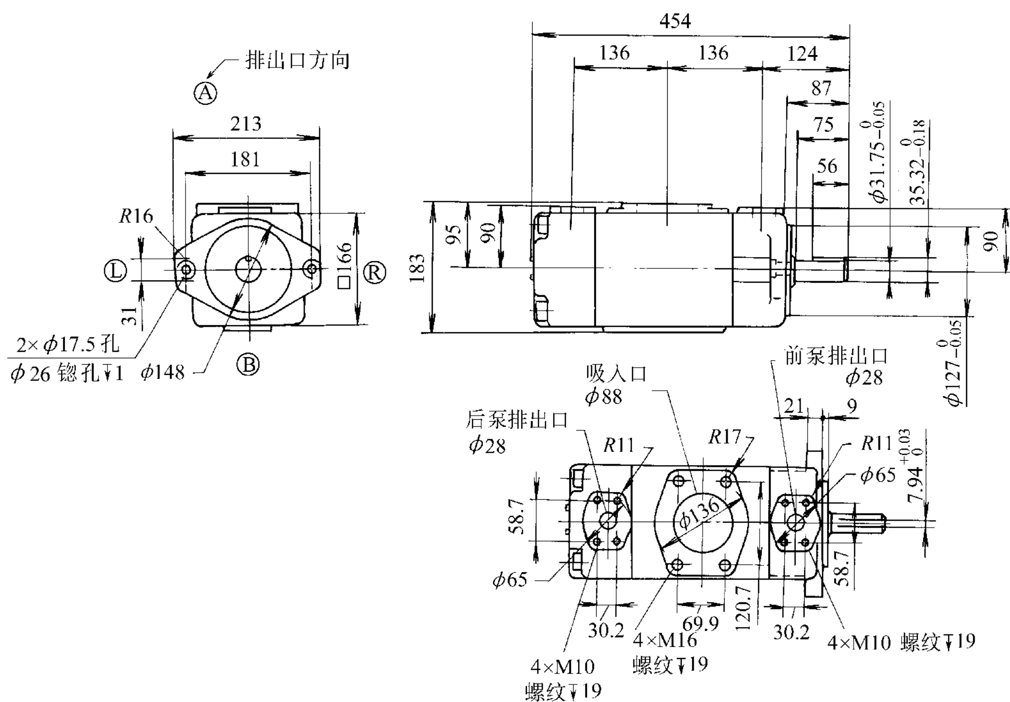
g)



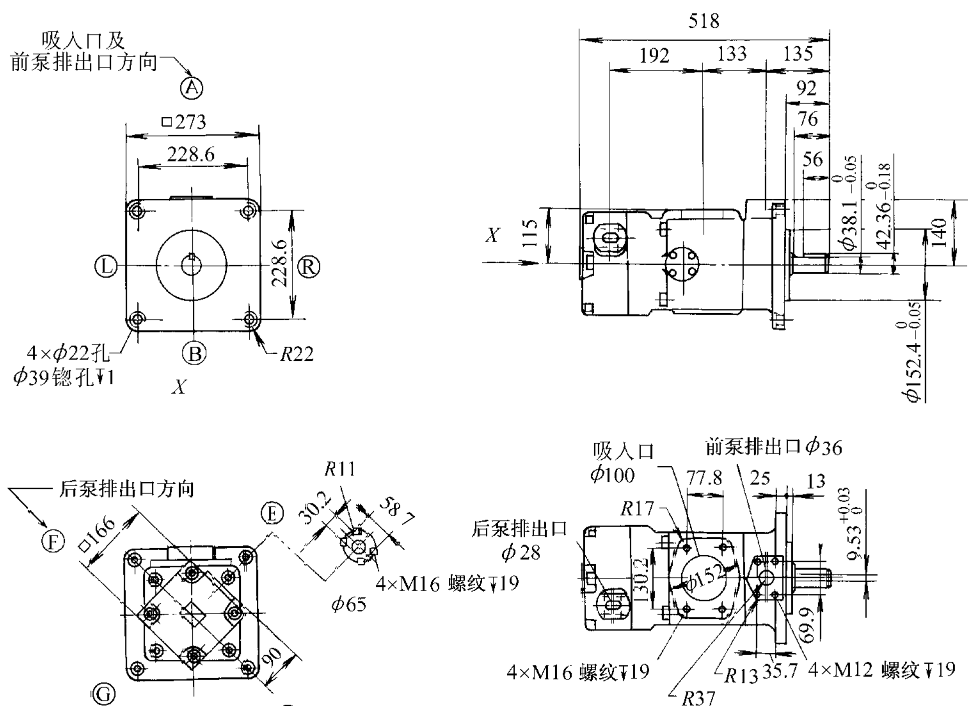
h)

图 22. 5-2　PV2R 型叶片泵外形尺寸(续)

g) PV2R14/PV2R24 型　h) PV2R23 型



i)

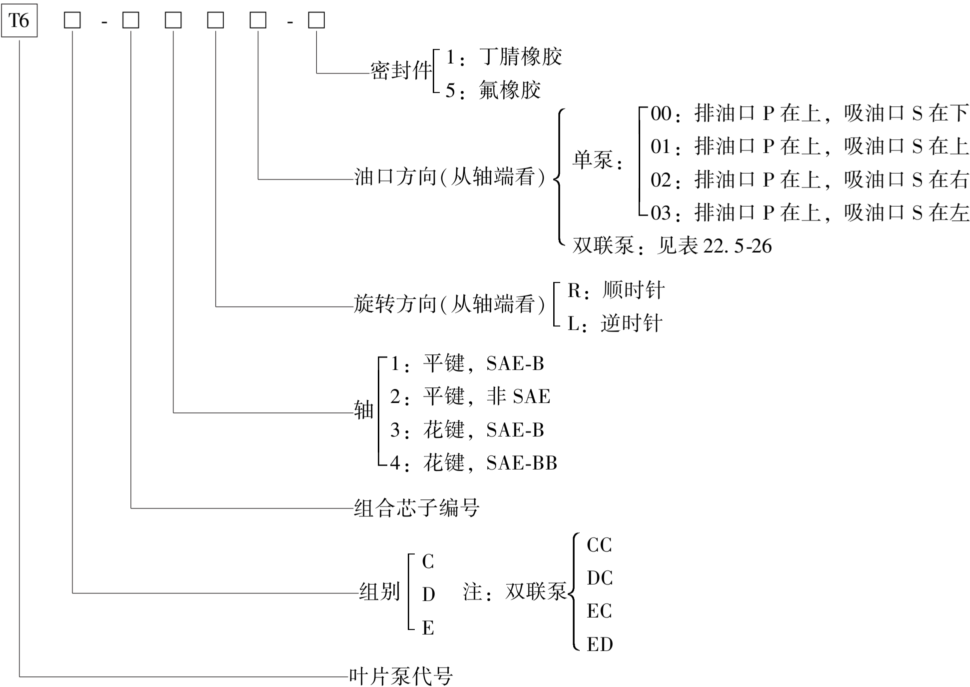


j)

图22.5-2 PV2R型叶片泵外形尺寸(续)
i) PV2R33型 j) PV2R34型

6.5　T6 型叶片泵

（1）型号说明



（2）双联泵进出油口位置(见表 22.5-26)

表 22.5-26　双联泵进出油口位置

型号	代号	油口标注
T6CC-T6DC-T6EC	00	P1–P2, S
	01	P1–P2, S
	02	S–P1–P2
	03	P1–P2, S
	04	P1, S, P2
	05	P1, S–P2
	06	P1, S, P2
	07	P1–S, P2
	08	P1–S, P2
	09	P1–S, P2
	10	P1, S, P2
	11	P1, P2, S
	12	P1, P2, S
	13	P1, S, P2
	14	P1, S, P2
	15	P1, P2, S
	16	P1, P2, S
	17	P1, S, P2
	18	P1, P2, S
	19	P2, P1, S
	20	P1, P2, S
	21	P1, S, P2
	22	P1, S, P2
	23	P2, P1, S
	24	P1–S, P2
	25	P1–S, P2
	26	P1–S, P2
	27	P2, P1–S
	28	P1, P2, S
	29	P1, S, P2
	30	P1, S, P2
	31	P2, P1, S
T6ED	00	P1–P2, S
	01	P1–P2, S
	02	S–P1–P2
	03	P1–P2, S
	04	P1, S, P2
	05	P1, S–P2
	06	P1, S, P2
	07	P1–S, P2
	08	P1–S, P2
	09	P1–S, P2
	10	P1, S, P2
	11	P1, P2, S
	12	P1, P2, S
	13	P1, S, P2
	14	P1, S, P2
	15	P1, P2, S

（3）技术规格（见表22.5-27）

表22.5-27　技术规格

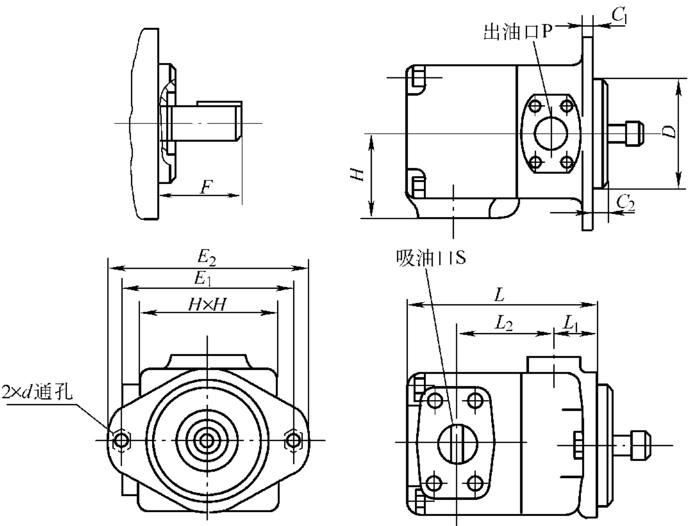
产品型号		排量 /mL·r^{-1}	压力/MPa		转速/r·min^{-1}		油口联接盖（SAE4螺栓型）		重量 /kg	功率 /kW
组别	组合芯子编号		额定	最高	最高	最低	出油口 P/in	吸油口 S/in		
T6C	003 005 006 008 010 014 017 022 025	10.8 17.1 21.2 26.2 33.9 45.8 58.0 69.9 78.9	21	28	2800	600	1	1½	15.5	6.7 9.7 12.3 14.7 18.6 24.9 31.1 38.1 42.6
T6D	028 031 035 038 042 045	89.7 98.3 110.0 120.3 136.0 145.7		24.5	2500	600	1¼	2	27	49.2 53.7 59.8 64.5 72.8 78
T6E	045 052 062 066	142.4 164.8 196.7 213.6		24.5	2200	600	1½	3	37	78.3 89.9 105.7 115.7

注：双联泵有T6CC、T6DC、T6EC、T6ED四个组，可根据用户要求匹配组合。

（4）外形尺寸（见表22.5-28）

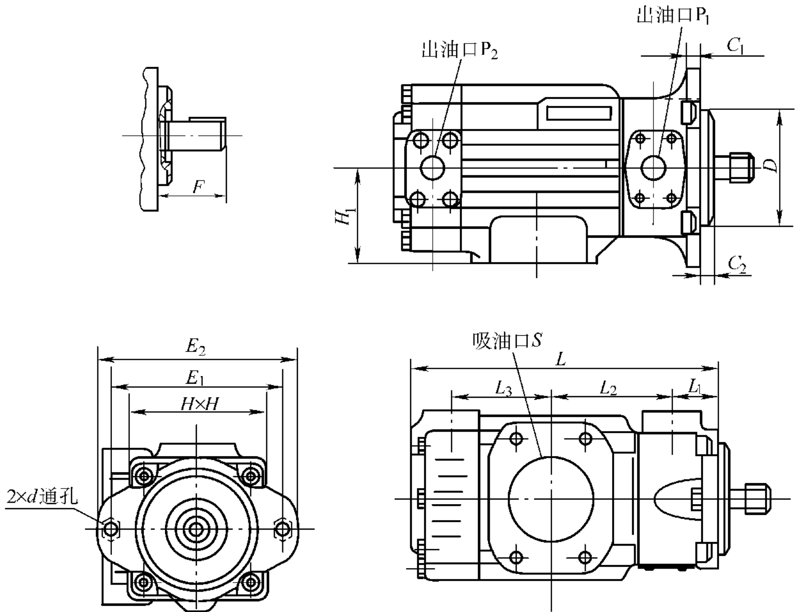
表22.5-28　T6型叶片泵外形尺寸　　（mm）

T6型单泵



（续）

T6 型双联泵



型号 \ 尺寸/mm	L	L_1	L_2	L_3	H	H_1	E_1	E_2	D	d	C_1	C_2
T6C	161.6	38.1	82.5		118	76.45	146	175	$\phi101.6^{+0.60}_{+0.55}$	$\phi14.3$	12.7	9.4
T6D	181.2	38.1	87.4		147.5	82.6	181	212.5	$\phi127^{0}_{-0.05}$	$\phi17.5$	15	12.5
T6E	237.9	52.3±1.5	110.1		173.3	98.6	181	212.6	$\phi127^{0}_{-0.05}$	$\phi17.5$	17	12.5
T6CC	265.6	38.1	101.6	88.2	117.9	84.1	146	174.5	$\phi101.6^{0}_{-0.05}$	$\phi14.3$	12.7	9.4
T6DC	289.3	38.1	115	108.8	147.5	88.9	181	212.3	$\phi127^{0}_{-0.05}$	$\phi17.5$	12.5	15
T6EC	334.9	52.3	118.5	136.7	173.2	102.4	181	212.6	$\phi127^{0}_{-0.05}$	$\phi17.5$	12.5	17
T6ED	360.9	52.3	113.5	148.2	173.2	102.4	181	212.6	$\phi127^{0}_{-0.05}$	$\phi17.5$	12.5	17

轴 尺 寸

型号	轴型号	轴型式	轴标准	轴端长度 L	平键轴尺寸				花键轴尺寸					
					轴径	键截面	装键后轴 径	键长度	大径	小径	齿数	节距	压力角	花键长度
T6C	1	平键	SAE-B	71.4	22.22 22.20	6.35 6.30	24.94 24.76	38.1	—	—	—	—	—	—
	2	平键	非 SAE	58.7	22.22 22.20	4.78 4.72	24.54 24.41	31.7	—	—	—	—	—	—
	3	花键	SAE-B	41.1	—	—	—	—	21.79 21.54	18.62 18.34	13	16/32	30°	15.5
	4	花键	SAE-BB	46.0	—	—	—	—	24.98 24.73	21.80 21.53	15	16/32	30°	19.1

（续）

轴　尺　寸

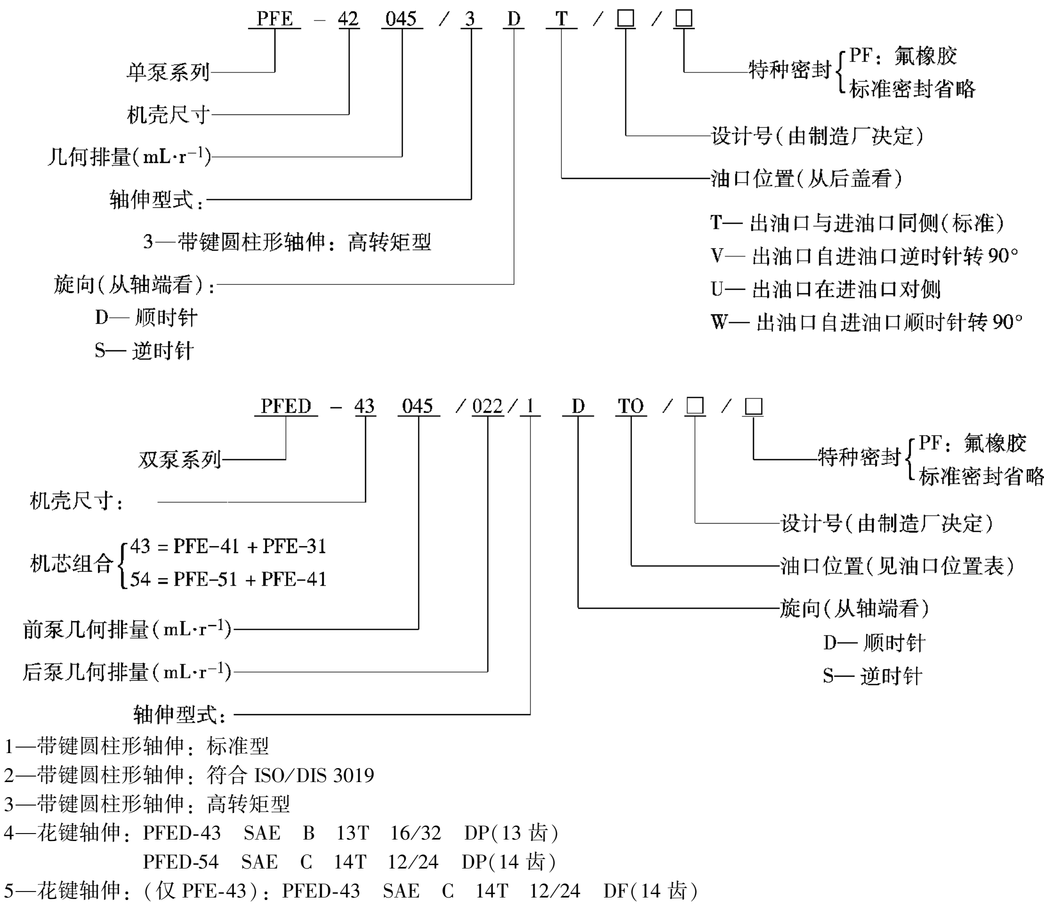
型号	轴型号	轴型式	轴标准	轴端长度 L	平键轴尺寸				花键轴尺寸					
					轴径	键截面	装键后轴　径	键长度	大径	小径	齿数	节距	压力角	花键长度
T6D	1	平键	SAE-C	84. 7	31. 75 31. 70	7. 94 7. 89	35. 20 35. 13	49. 3	—	—	—	—	—	—
	2	平键	非 SAE	73. 2	31. 75 31. 70	7. 94 7. 89	35. 20 35. 13	38. 1	—	—	—	—	—	—
	3	花键	SAE-C	55. 6	—	—	—	—	31. 22 30. 96	26. 99 26. 66	14	12/24	30°	25. 4
	4	花键	非 SAE	78. 2	—	—	—	—	31. 22 30. 96	26. 99 26. 66	14	12/24	30°	48. 3
T6E	1	平键	SAE-CC	90. 4	38. 10 38. 05	9. 52	42. 36	50. 8	—	—	—	—	—	—
	2	平键	非 SAE	62. 0	31. 75 31. 70	7. 93	35. 25	25. 4	—	—	—	—	—	—
	3	花键	SAE-C	55. 6	—	—	—	—	31. 22 30. 96	26. 99 26. 66	14	12/24	30°	23. 9
	4	花键	SAE-CC	62. 0	—	—	—	—	37. 57 37. 31	33. 32 32. 99	17	12/24	30°	31. 7
T6CC	1	平键	非 SAE	58. 7	22. 22 22. 20	4. 78 4. 72	24. 54 24. 35	31. 7	—	—	—	—	—	—
	2	花键	SAE-B	41. 1	—	—	—	—	21. 80 21. 55	18. 63 18. 35	13	16/32	30°	20. 6
	3	花键	SAE-BB	46. 0	—	—	—	—	24. 98 24. 72	21. 80 21. 53	15	16/32	30°	19. 1
T6DC	1	平键	SAE-C	84. 1	31. 75 31. 70	7. 94 7. 89	35. 20 35. 13	49. 3	—	—	—	—	—	—
	2	平键	非 SAE	73. 2	31. 75 31. 70	7. 54 7. 89	35. 20 35. 13	38. 1	—	—	—	—	—	—
	3	花键	SAE-C	55. 6	—	—	—	—	31. 22 30. 96	26. 99 26. 66	14	12/24	30°	25. 4
	4	花键	非 SAE	78. 2	—	—	—	—	31. 22 30. 96	26. 99 26. 66	14	12/24	30°	48. 3
T6EC	1	平键	SAE-CC	90. 4	38. 10 38. 05	9. 52	42. 36	50. 8	—	—	—	—	—	—
	2	平键	非 SAE	62. 0	31. 75 31. 70	7. 93	35. 25	25. 4	—	—	—	—	—	—

（续）

<table>
<tr><th colspan="16">轴　尺　寸</th></tr>
<tr><th rowspan="2">型号</th><th rowspan="2">轴型号</th><th rowspan="2">轴型式</th><th rowspan="2">轴标准</th><th rowspan="2">轴端长度 L</th><th colspan="4">平键轴尺寸</th><th colspan="6">花键轴尺寸</th></tr>
<tr><th>轴径</th><th>键截面</th><th>装键后轴　径</th><th>键长度</th><th>大径</th><th>小径</th><th>齿数</th><th>节距</th><th>压力角</th><th>花键长度</th></tr>
<tr><td rowspan="2">T6EC</td><td>3</td><td>花键</td><td>SAE-C</td><td>55.6</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>31.22
30.96</td><td>26.99
26.66</td><td>14</td><td>12/24</td><td>30°</td><td>23.9</td></tr>
<tr><td>4</td><td>花键</td><td>SAE-CC</td><td>62.0</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>37.57
37.44</td><td>32.99</td><td>17</td><td>12/24</td><td>30°</td><td>31.7</td></tr>
<tr><td rowspan="4">T6ED</td><td>1</td><td>平键</td><td>SAE-CC</td><td>90.4</td><td>38.10
38.05</td><td>9.52</td><td>42.37</td><td>50.8</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>2</td><td>平键</td><td>非 SAE</td><td>62.0</td><td>31.75
31.70</td><td>7.94</td><td>35.26</td><td>25.4</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>3</td><td>花键</td><td>SAE-C</td><td>55.6</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>31.22
30.96</td><td>26.99
26.66</td><td>14</td><td>12/24</td><td>30°</td><td>23.9</td></tr>
<tr><td>4</td><td>花键</td><td>SAE-CC</td><td>62.0</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>37.57
37.31</td><td>33.32
32.99</td><td>17</td><td>12/24</td><td>30°</td><td>31.7</td></tr>
</table>

6.6　PFE 型柱销式叶片泵

（1）型号说明



1—带键圆柱形轴伸：标准型
2—带键圆柱形轴伸：符合 ISO/DIS 3019
3—带键圆柱形轴伸：高转矩型
4—花键轴伸：PFED-43　SAE　B　13T　16/32　DP(13 齿)
　　　　　　PFED-54　SAE　C　14T　12/24　DP(14 齿)
5—花键轴伸：(仅 PFE-43)：PFED-43　SAE　C　14T　12/24　DF(14 齿)

（2）技术规格(见表22.5-29、表22.5-30)

表22.5-29　单泵系列技术规格

型　号	排量 /mL·r⁻¹	额定压力 /MPa	输出流量 /L·min⁻¹	驱动功率 /kW	转速范围 /r·min⁻¹	重量 /kg	油口尺寸/in	
							进口	出口
PFE-31016	16.5	21	16	10	800～2800	9	$1\frac{1}{4}$	3/4
PFE-31022	21.6		23	13				
PFE-31028	28.1		33	17				
PFE-31036	35.6		43	21				
PFE-31044	43.7		55	26				
PFE-41029	29.3		34	17	700～2500	14	$1\frac{1}{4}$	1
PFE-41037	36.6		45	22				
PFE-41045	45.0		57	26				
PFE-41056	55.8		72	33				
PFE-41070	69.9		91	41				
PFE-41085	85.3		114	50	700～2000			
PFE-51090	90.0		114	53	600～2200	25.5	2	$1\frac{1}{4}$
PFE-51110	109.6		141	64				
PFE-51129	129.2		168	76				
PFE-51150	150.2		197	88	600～1800			
PFE-32022	21.6	30	20	18	1200～2500	9	$1\frac{1}{4}$	3/4
PFE-32028	28.1		30	24				
PFE-32036	35.6		40	30				
PFE-42045	45.0	28	56	36	1000～2200	14	$1\frac{1}{2}$	1
PFE-42056	55.8		70	44				
PFE-42070	69.9	25	90	49				
PFE-52090	90.0	25	111	63	1000～2000	25.5	2	$1\frac{1}{4}$
PFE-52110	109.6		138	77				
PFE-52129	129.2		163	90				

注：抗磨液压油粘度24mm²/s，油温50℃。

表22.5-30　双泵系列技术规格

型　号	排量 /mL·r⁻¹		额定压力 /MPa		输出流量 /L·min⁻¹		驱动功率 /kW		转速范围 /r·min⁻¹	重量 /kg	油口尺寸/in		
	前泵	后泵	前泵	后泵	前泵	后泵	前泵	后泵			进口	前泵出口	后泵出口
PFED-4131029/016	29.3	16.5	21	21	34	16	17	10	80～2500	24.5	$2\frac{1}{2}$	1	3/4
PFED-4131029/022		21.6				23		13					
PFED-4131029/028		28.1				83		17					
PFED-4131037/016	36.6	16.5			45	16	22	10					
PFED-4131037/022		21.6				23		13					

（续）

型　　号	排量/mL·r⁻¹		额定压力/MPa		输出流量/L·min⁻¹		驱动功率/kW		转速范围/r·min⁻¹	重量/kg	油口尺寸/in		
	前泵	后泵	前泵	后泵	前泵	后泵	前泵	后泵			进口	前泵出口	后泵出口
PFED-4131037/028	36.6	28.1	21	21	45	33	22	17	800～2500	24.5	$2\frac{1}{2}$	1	3/4
PFED-4131037/036		35.6				43		21					
PFED-4131045/016	45.0	16.5			57	16	26	10					
PFED-4131045/022		21.5				23		13					
PFED-4131045/028		28.1				33		17					
PFED-4131045/036		35.6				43		21					
PFED-4131045/044		43.7				55		26					
PFED-4131056/016	55.8	16.5			72	16	33	10					
PFED-4131056/022		21.6				23		13					
PFED-4131056/028		28.1				33		17					
PFED-4131056/036		35.6				43		21					
PFED-4131056/044		43.7				55		26					
PFED-4131070/016	69.9	16.5			91	16	41	10					
PFED-4131070/022		21.6				23		13					
PFED-4131070/028		28.1				33		17					
PFED-4131070/036		35.6				43		21					
PFED-4131070/044		43.7				55		26					
PFED-4131085/016	85.3	16.5			114	16	50	10	800～2000	24.5	$2\frac{1}{2}$	1	
PFED-4131085/022		21.6				23		13					
PFED-4131085/028		28.1				33		17					
PFED-4131085/036		35.6				43		21					
PFED-4131085/044		43.7				55		26					
PFED-5141090/029	90.0	29.3			114	34	53	17	700～2000	36	3	$1\frac{1}{4}$	1
PFED-5141090/037		36.6				45		22					
PFED-5141090/045		45.0				57		26					
PFED-5141090/056		55.8				72		33					
PFED-5141090/070		69.9				91		41					
PFED-5141090/085		85.3				114		50					
PFED-5141110/029	109.6	29.3			141	34	64	17					
PFED-5141110/037		36.6				45		22					
PFED-5141110/045		45.0				57		26					
PFED-5141110/056		55.8				72		33					
PFED-5141110/070		69.9				91		41					
PFED-5141110/085		85.3				114		50					

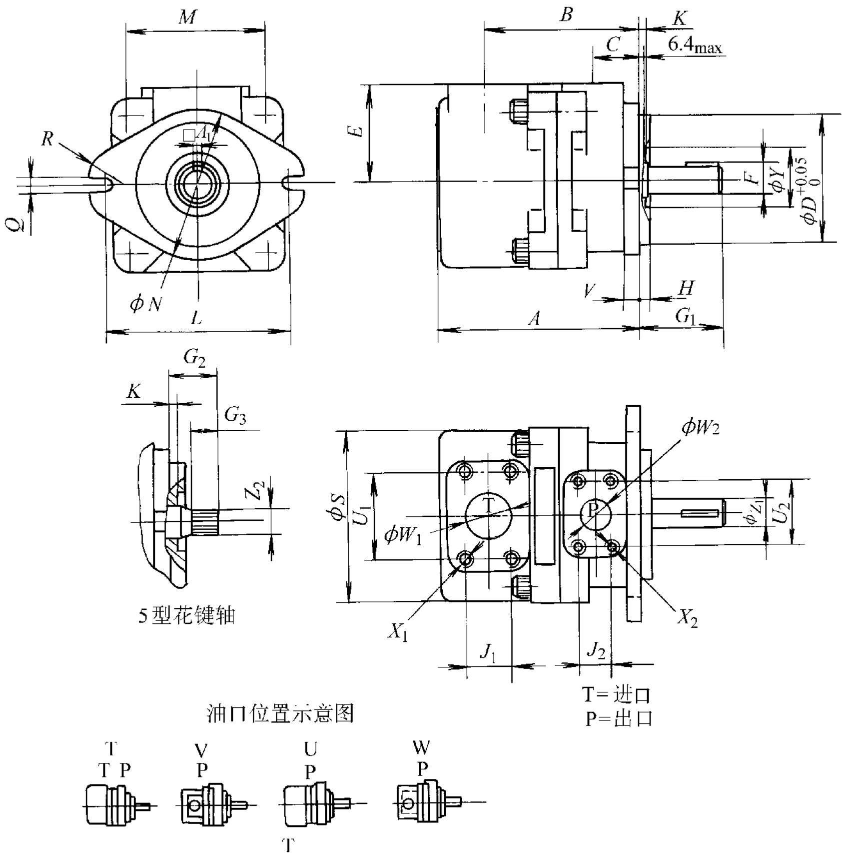
（续）

型　　号	排量 /mL·r⁻¹		额定压力 /MPa		输出流量 /L·min⁻¹		驱动功率 /kW		转速范围 /r·min⁻¹	重量 /kg	油口尺寸/in		
	前泵	后泵	前泵	后泵	前泵	后泵	前泵	后泵			进口	前泵出口	后泵出口
PFED-5141129/029	129.2	29.3	21	21	168	34	76	17	700～2000	36	3	$1^{1}/_{4}$	1
PFED-5141129/037		36.6				45		22					
PFED-5141129/045		45.0				57		26					
PFED-5141129/056		55.8				72		33					
PFED-5141129/070		69.9				91		41					
PFED-5141129/085		85.3				114		50					
PFED-5141150/029	150.2	29.3			197	34	88	17	700～1800				
PFED-5141150/037		36.6				45		22					
PFED-5141150/045		45.0				57		26					
PFED-5141150/056		55.8				72		33					
PFED-5141150/070		69.9				91		41					
PFED-5141150/085		85.3				114		50					

（3）外形尺寸（见表22.5-31）

表22.5-31　PFE型柱销式叶片泵外形尺寸　　（mm）

PFE单泵系列



型　　号	A	B	C	D	E	H	L	M	N	Q	R
PFE-30～32	135	98.5	27.5	82.5	70	6.4	106	78	95	11.1	28.5
PFE-40～42	159.5	121	38	101.6	76.2	9.7	146	107	120	14.3	34
PFE-50～52	181	125	38	127	82.6	12.7	181	143.5	148	17.5	35

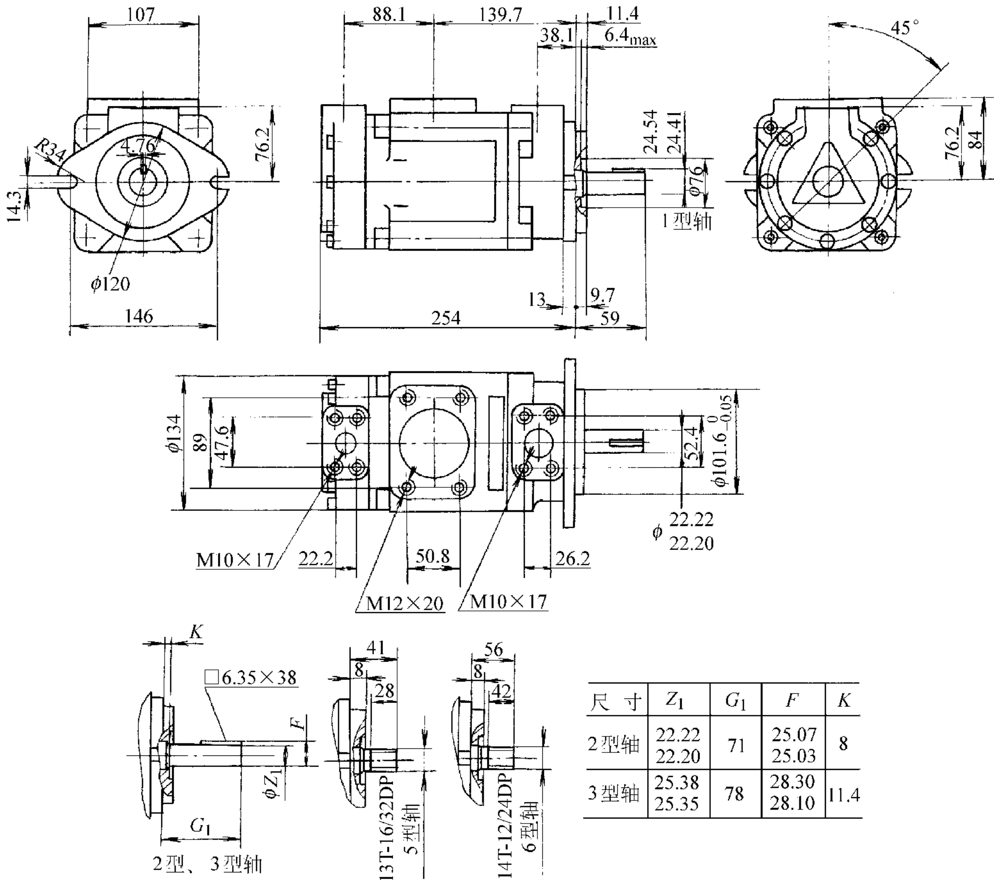
（续）

型　　号	S	U_1	U_2	V	W_1	W_2	J_1	J_2	X_1	X_2	ϕY
PFE-30～32	114	58.7	47.6	10	32	19	30.2	22.2	M10×20	M10×17	47
PFE-40～42	134	70	52.4	13	38	25	35.7	26.2	M12×20	M10×17	76
PFE-50～52	158	77.8	58.7	15	51	32	42.9	30.2	M12×20	M10×20	76

型号	1 型轴(标准)					2　型　轴					3　型　轴					5　型　轴			
	Z_1	G_1	A_1	F	K	Z_1	G_1	A_1	F	K	Z_1	G_1	A_1	F	K	Z_2	G_2	G_3	K
PFE-30 ～32	19.05 19.00	55.6	4.76 4.75	21.11 20.94	8	—	—	—	—	—	22.22 22.20	55.6	4.76 4.75	24.54 24.41	8	9T 16/32DP	32	19.5	8
PFE-40 ～42	22.22 22.20	59	4.76 4.75	25.54 24.51	11.4	22.22 22.20	71	6.36 6.35	25.07 25.03	8	25.38 25.36	78	6.36 6.35	28.30 28.10	11.4	13T 16/32DP	41	28	8
PFE-50 ～52	31.75 31.70	73	7.95 7.94	35.33 35.07	13.9	31.75 31.70	84	7.95 7.94	35.33 35.07	8	34.90 34.88	84	7.95 7.94	38.58 38.46	13.9	14T 12/24DP	56	42	8

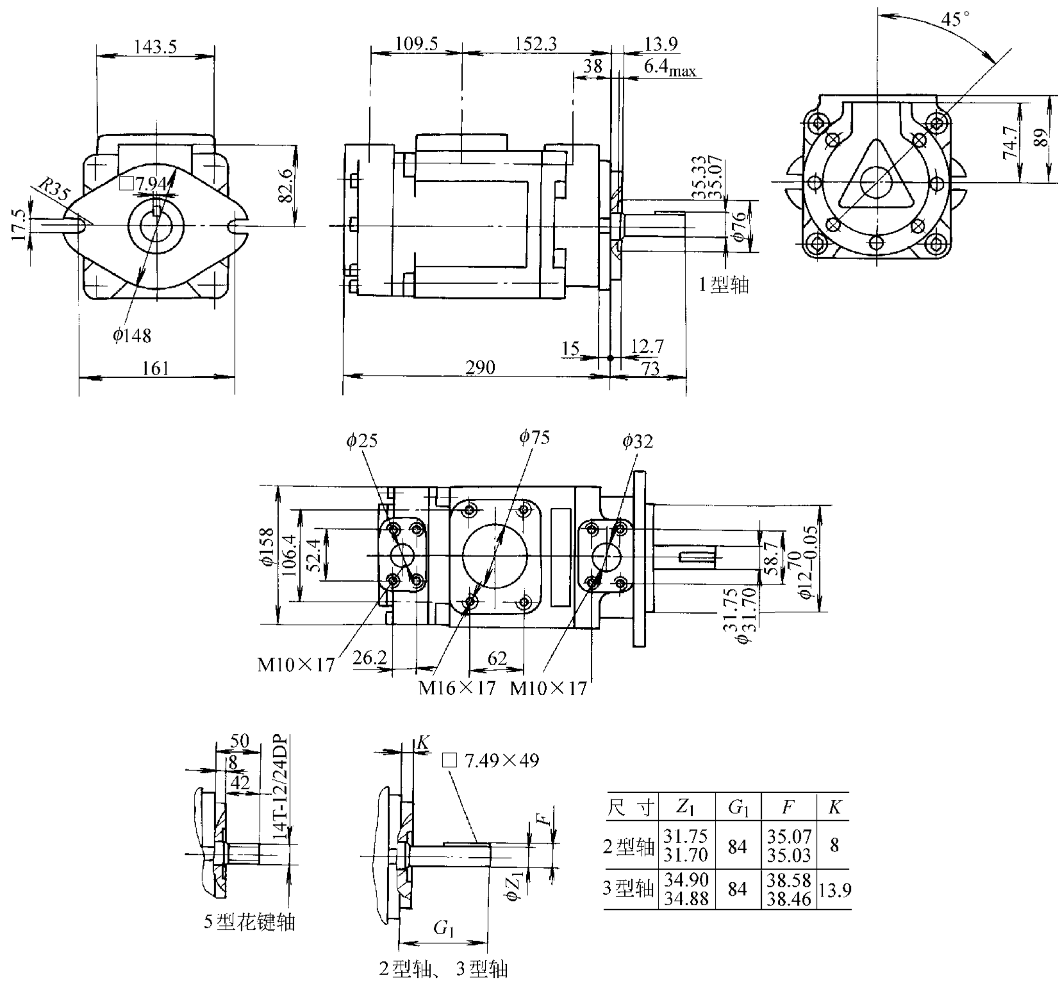
PFE 双联泵系列

PFED-4131



（续）

PFED-5141



尺 寸	Z_1	G_1	F	K
2型轴	31.75 31.70	84	35.07 35.03	8
3型轴	34.90 34.88	84	38.58 38.46	13.9

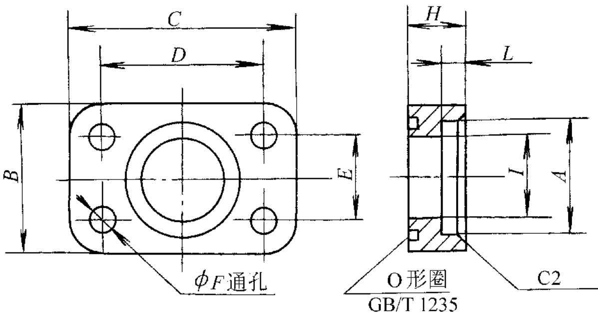
油口位置(从轴端看)

TO P1,T,P2	TA P1,T P2	TB P1,T P2	TC P1,T P2	TD P1,T P2	TE P1,T P2	TF P1,T P2	TG P2 P1,T
WO P1,P2 T	WA P1 P2 T	WB P1 T P2	WC P1 T P2	WD P1 T P2	WE P1 T P2	WF P1 P2,T	WG P2 P1 T
UO P1,P2 T	UA P1 P2 T	UB P1 P2 T	UC P1 P2 T	UD P1 P2,T	UE P1 P2 T	UF P1 P2 T	UG P2 P1 T
VO P1,P2 T	VA P1 P2 T	VB P1 P2,T	VC P1 T P2	VD P1 T P2	VE P1 T P2	VF P1 P2 T	VG P2 P1 T

注：P1－前泵出口　P2=后泵出口　T=吸油口

（4）油口法兰连接尺寸（见表22.5-32）

表22.5-32　油口法兰连接尺寸　　（mm）

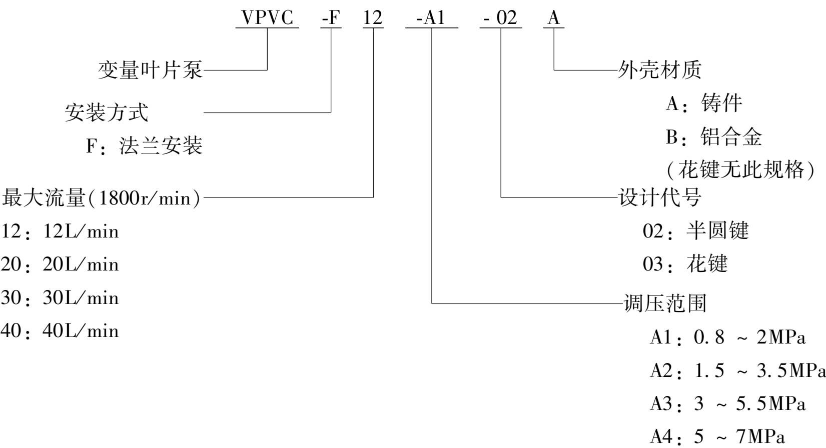


型　　号	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*H*	*I*	*L*	O形圈	螺钉	法兰对应液压泵油口
WF-20	28.5	42	65	47.6	22.2	11	18	19	10	35×3.1	M10×30	PFE-31/32 出口
WF-25	35	50	70	52.4	26.2	11	18	25	10	40×3.1	M10×30	PFE-41/42 出口
WF-32	43	53	79	58.7	30.2	11	21	32	12	45×3.1	M10×35	PFE-31/32 进口，PFE-51/52 出口
WF-40	52	65	87	70	35.7	13.5	25	38	15	55×3.1	M12×40	PFE-41/42 进口
WF-50	65.5	73	102	77.8	42.9	13.5	25	51	15	65×3.1	M12×40	PFE-51/52 进口
WF-65	78	87	110	89	50.8	13.5	25	63	15	75×3.1	M12×40	PFED-41/31 进口
WF-75	93	107	132	106.4	62	17.5	30	75	18	95×3.1	M16×45	PFED-51/41 进口

注：图示尺寸*A*、*I*为参考尺寸，相应孔及倒角出厂前不加工。

6.7　VPVC低压型变量叶片泵

（1）型号说明



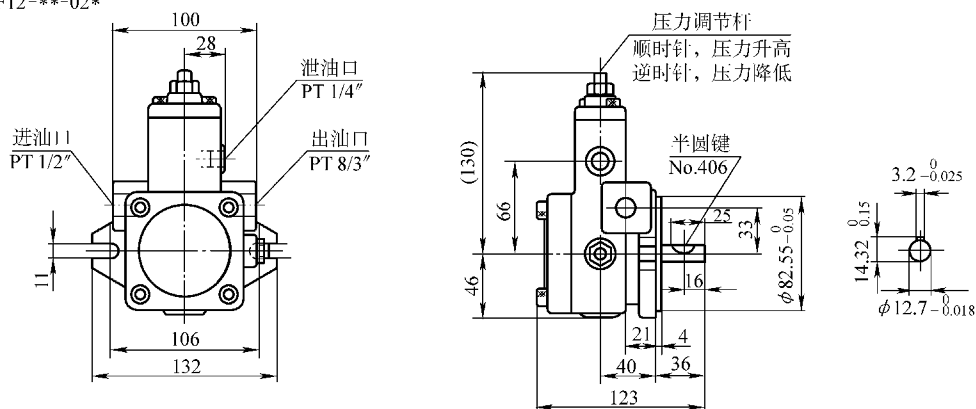
（2）技术规格（见表22.5-33）

表22.5-33　技术规格

型　　号	正常无负载情况下/L·min⁻¹		最大压力/MPa	转速/r·min⁻¹		重量/kg	
	1800r/min	1500r/min		最大	最小	铸件	铝合金
VPVC-F12-A*-**	12	10	7	1800	800	5	3
VPVC-F20-A*-**	20	17				6	3
VPVC-F30-A*-**	30	25				9	5
VPVC-F40-A*-**	40	33				9	5

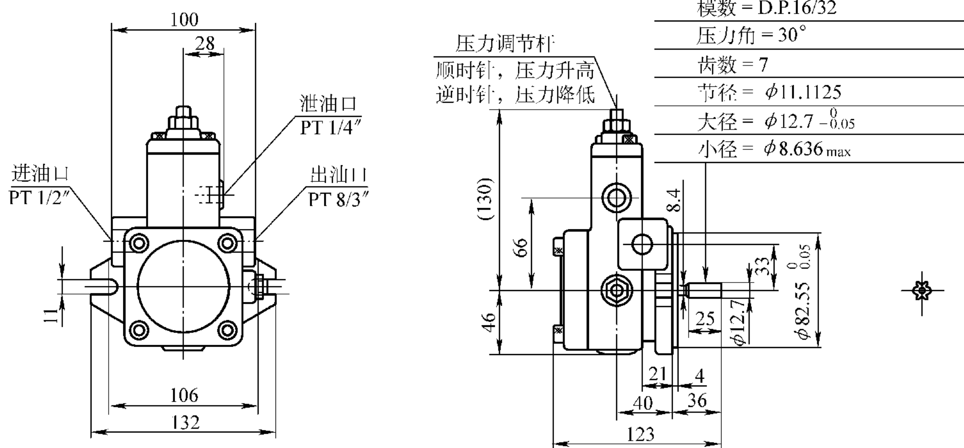
（3）外形尺寸（见图22.5-3）

1) VPVC-F12-**-02*



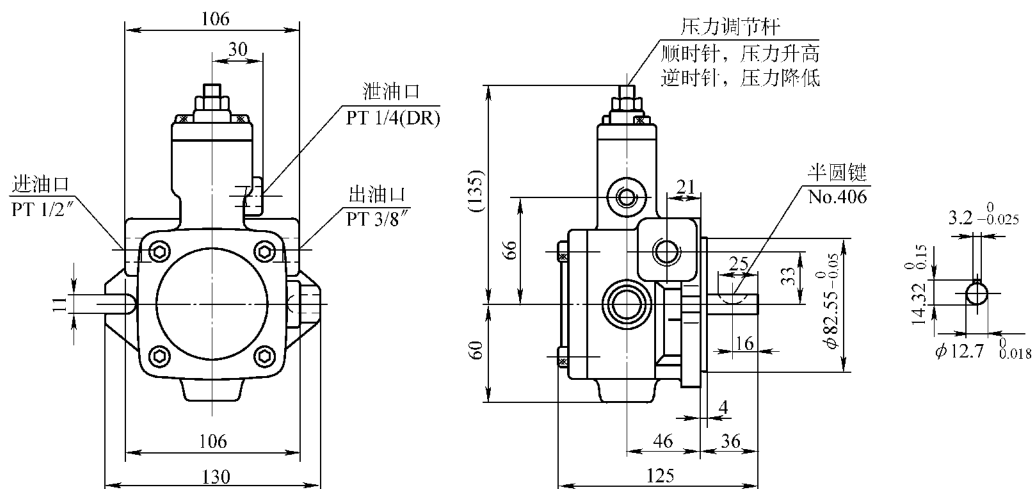
备注：此类型的变量叶片泵不设流量调节装置。

2) VPVC-F12-**-03*



备注：此类型的变量叶片泵不设流量调节装置。

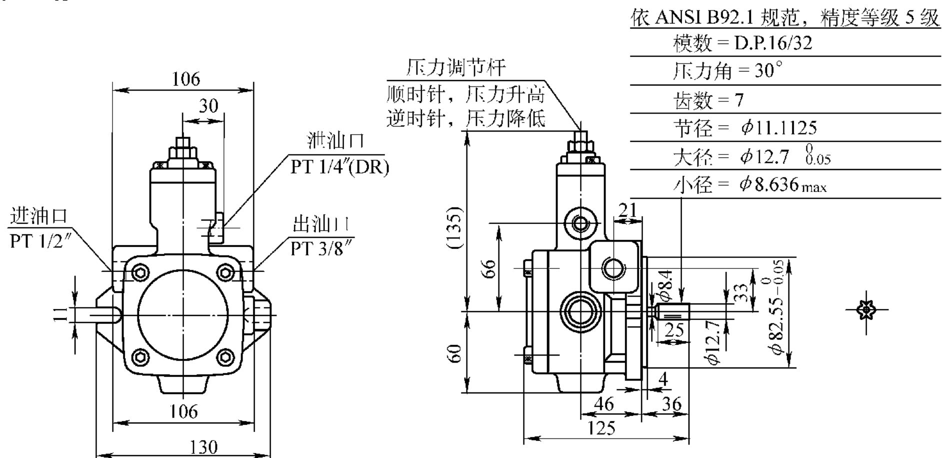
3) VPVC-F20-**-02*



备注：此类型的变量叶泵不设流量调节装置。

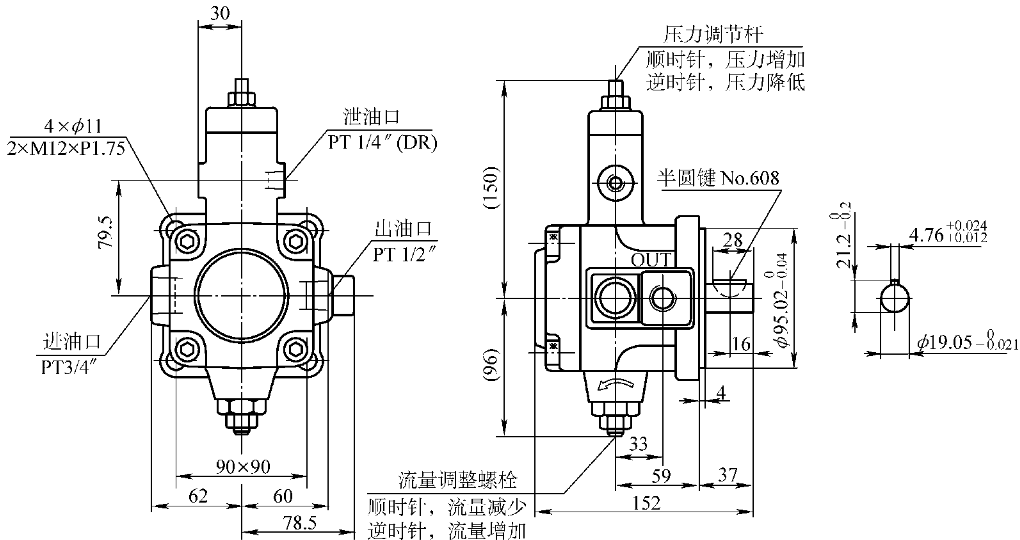
图22.5-3　VPVC低压型变量叶片泵外形尺寸

4) VPVC-F20-**-03*



备注：此类型的变量叶泵不设流量调节装置。

5) VPVC-F30/40-**-02*



6) VPVC-F30/40-**-03*

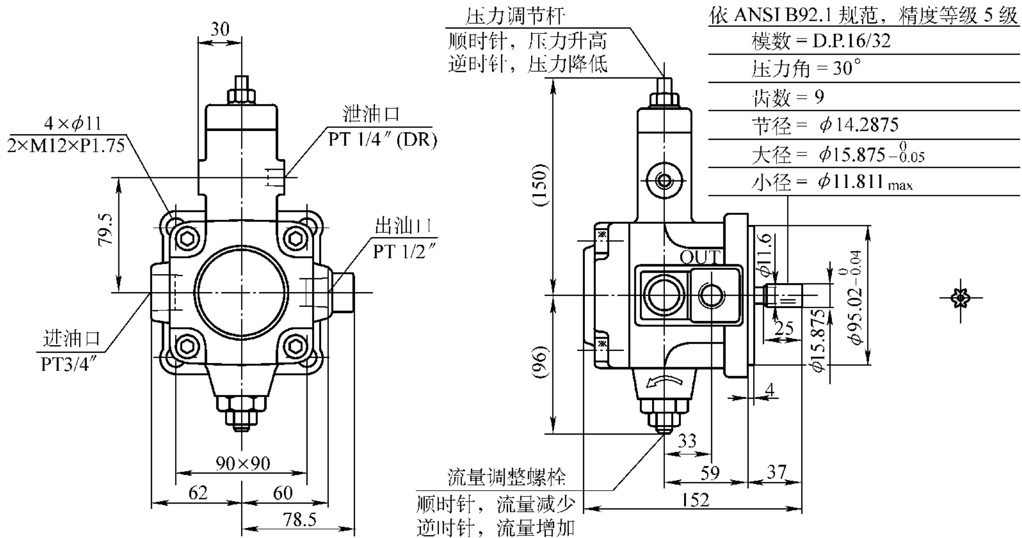
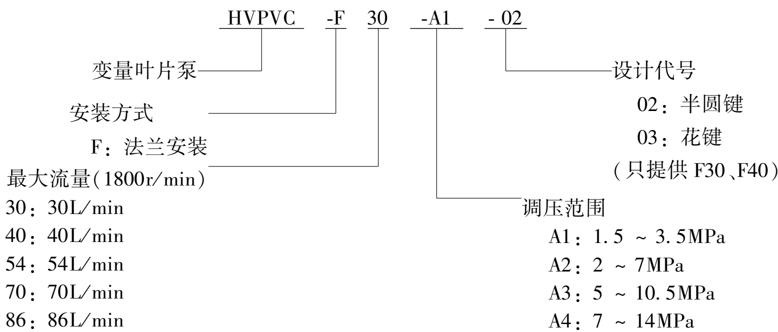


图 22.5-3 VPVC 低压型变量叶片泵外形尺寸(续)

6.8　HVPVC 中压型变量叶片泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-34)

表 22.5-34　技术规格

型　号	流量/L·min⁻¹ 1800r/min	最大压力/MPa	调压范围/MPa	转速/r·min⁻¹ 最大	转速/r·min⁻¹ 最小	重量/kg
HVPVC-F30-A＊-＊＊	30	14	A1：1.5~3.5 A2：2.0~7.0 A3：5.0~10.5 A4：7.0~14.0	1800	800	9.5
HVPVC-F40-A＊-＊＊	40					
HVPVC-F54-A＊-＊＊	54					25
HVPVC-F70-A＊-＊＊	70	10.5				
HVPVC-F86-A＊-＊＊	86	7				

（3）外形尺寸(见图 22.5-4)

1）HVPVC-F30/40-＊＊-02

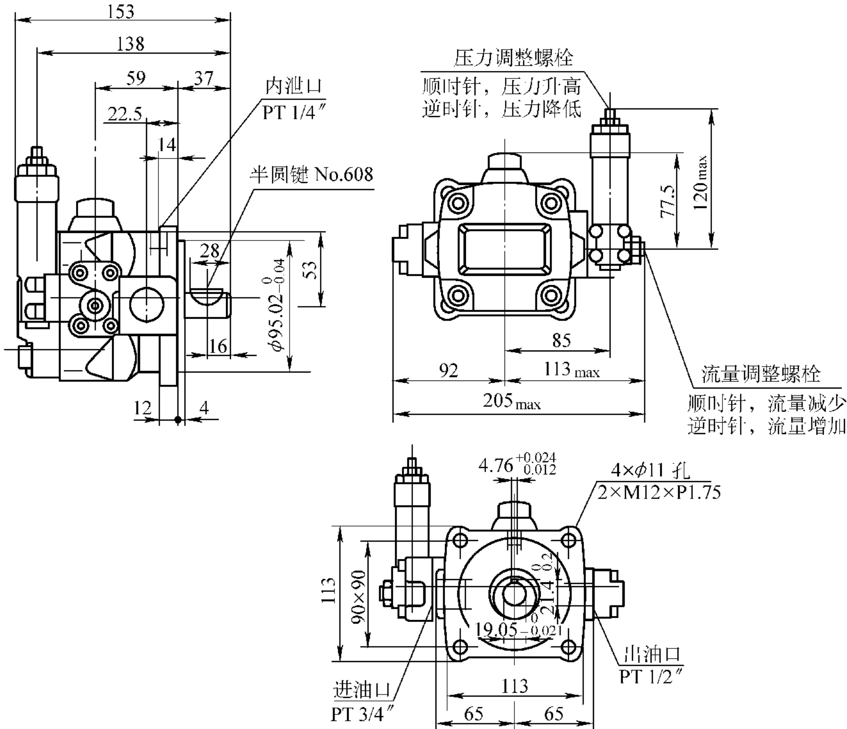
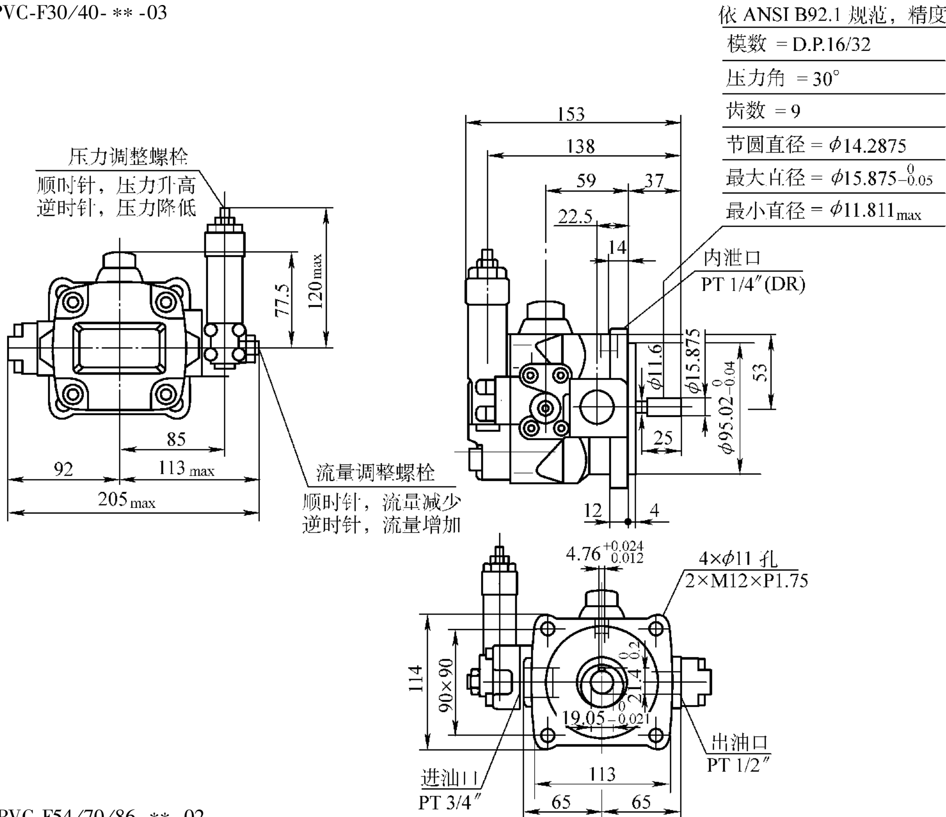


图 22.5-4　HVPVC 中压型变量叶片泵外形尺寸

2）HVPVC-F30/40-**-03



3）HVPVC-F54/70/86-**-02

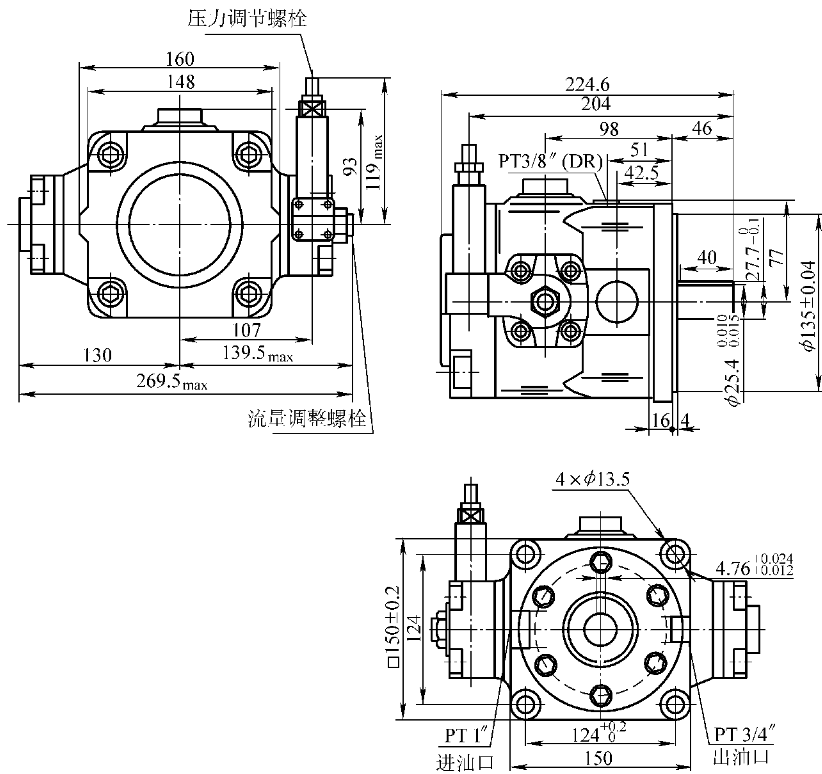
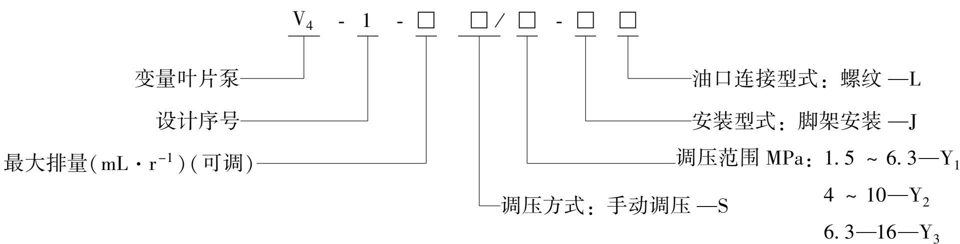


图 22.5-4　HVPVC 中压型变量叶片泵外形尺寸(续)

6.9　V_4 型变量叶片泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.5-35)

表22.5-35　技术规格

型　号	排量 /mL·r^{-1}	压力/MPa						转速/r·min^{-1}		重量 /kg
		额定	调节范围	额定	调节范围	额定	调节范围	最高	最低	
V_4-1-20S/Y-JL	20	6.3	1.5~6.3	10	4~10	16	6.3~16	2000	750	23.5
V_4-1-32S/Y-JL	32									31
V_4-1-50S/Y-JL	50							1800	1000	42.8

（3）外形尺寸(见表22.5-36)

表22.5-36　V_4 型变量叶片泵外形尺寸　（mm）

型号 \ 尺寸	A	A_1	A_2	A_3	B	B_1	B_2	C	C_1	C_2	C_3
V_4-1-20S/Y-JL	298	148	151	149	178	79	99	120	100	17	28
V_4-1-32S/Y-JL	292	130	162	147	211	93	108	152	83	21	32
V_4-1-50S/Y-JL	335	141	172	163	221	92	115	150	77	17.5	36.5

型号 \ 尺寸	C_4	D	D_1	E	F	H	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	ϕ
V_4-1-20S/Y-JL	9	28	100	30.9	125	8	259	215	52	9	82	73	12
V_4-1-32S/Y-JL	12	32	125	35.3	160	10	309	238	69	10	86		14
V_4-1-50S/Y-JL	12.5	38		41			342	283	68	9	108	82	

7 柱塞泵产品

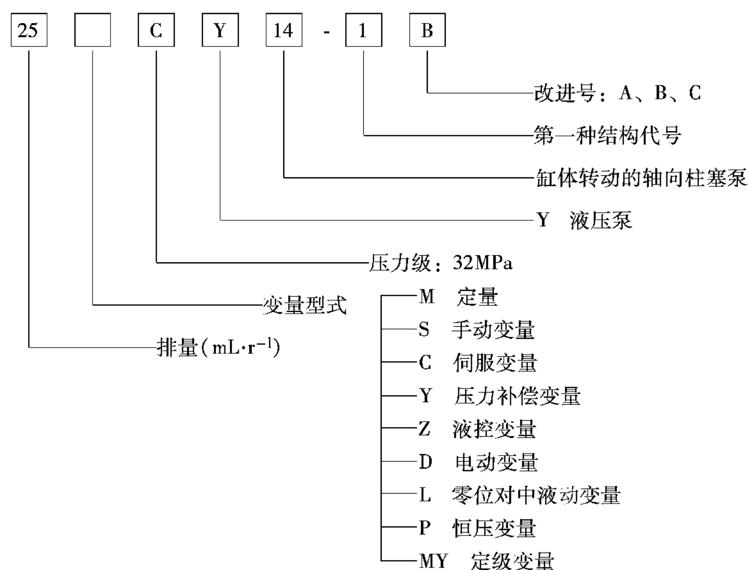
7.1 柱塞泵产品技术参数概览(见表22.5-37)

表22.5-37 柱塞泵产品技术参数概览

类别		型号	排量/mL·r⁻¹	压力/MPa	转数/r·min⁻¹	变量型式	生产厂
轴向柱塞泵	斜盘式轴向柱塞泵	CY14-1B	2.5~400	31.5	1000~1500	有定量、手动、伺服、液控、变量、恒功率、恒压、电动、比例等	启东高压油泵厂 邵阳液压件厂 天津高压泵阀厂
		XB※	9.5~227	28	1500~4000	有定量、手动伺服、液控、恒压、恒功率、比例、电动等	上海液压泵厂 北京起重机厂五分厂 湖南液压件厂
		PVB※	10.55~61.6	21	1000~1800	有恒压、手轮、手柄等	邵阳液压件厂
		TDXB	31.8~97.5	31.5	1500~1800	有定量、手动、恒功率、恒压、电液比例、负载敏感等	济南第七三一三工厂
		CY-Y	10~250	31.5	1000~1500	有定量、手动、恒压、恒功率等	邵阳维克液压有限责任公司
		A4V	40~125	40	500~3700		贵州力源液压公司
		A10V	28~71	28	2200~3000		贵州力源液压公司
轴向柱塞泵	斜轴式轴向柱塞泵	A7V	20~500	35	1200~4100	有恒功率、液控、恒压、手动等	北京华德液压泵分公司 贵州力源液压公司 上海液压泵厂
		A2F	9.4~500	35	1200~5000	定量泵	
		A8V	28.1~500	35	1900~4750	手动、液控、高压自动变量等	
		Z※B	106.7~481.4	16	970~1450	有定量、恒功率、手动伺服等	太原矿山机器厂
		ZB750	915	32	970	有定量、恒功率等	
		A2V	28.1~225	32	4750		上海液压泵厂
径向柱塞泵		JB-G	57~121	25	1000		上海液压泵厂
		JB-H	17.6~35.5	31.5	1000		
		BFW01	26.6	20	1500		天津高压泵阀厂
		BFW01A	16.7	40	1500		
		JBP	10~250	32	1500		兰州华世泵业科技股份有限公司
其他泵		RK	1.76~9.4	22.5~100	1500	有单排、双排结构,能输出多种压力和流量组合的超高压小流量泵	德州液压机具厂
		SYB-1/2		70		手动轴向柱塞泵,体积小,压力高	
		DYB-1A		30		小流量,高压电动泵,体积小,通用性强	
		DYB-3		30		低压泵组合而成,通用性强	
		DBD0.8		40~80		小流量、高压柱塞泵、通用性强	
		PV	16~180	42	300~2750		台湾湧镇液压
		SB	12.5~60	4~25			江苏盐城马沟液压件厂

7.2　CY14-1B 型柱塞泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-38)

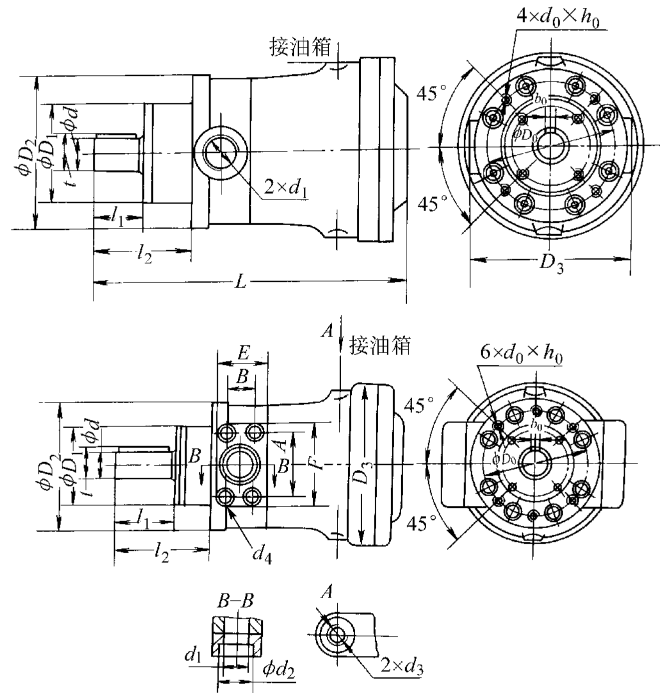
表 22.5-38　技术规格

<table>
<tr><th colspan="2">型　　号</th><th>排量
/mL · r⁻¹</th><th>压力
/MPa</th><th>转速
/r · min⁻¹</th><th>容积效率
(%)</th><th>驱动功率
/kW</th><th>重量
/kg</th></tr>
<tr><td>2.5</td><td>MCY14-1B</td><td>2.5</td><td rowspan="6">31.5</td><td rowspan="6">1500</td><td rowspan="6">≥92</td><td>6</td><td>4.5</td></tr>
<tr><td>10</td><td>MCY14-1B
SCY14-1B
YCY14-1B
CCY14-1B</td><td>10</td><td>10</td><td rowspan="2">16
19
24
20
27
34</td></tr>
<tr><td rowspan="2">25</td><td>MCY14-1B
SCY14-1B</td><td rowspan="2">25</td><td rowspan="2">24.6</td></tr>
<tr><td>YCY14-1B
CCY14-1B
MYCY14-1B</td><td>36</td></tr>
<tr><td rowspan="2">63</td><td rowspan="2">MCY14-1B
SCY14-1B
YCY14-1B
CCY14-1B
MYCY14-1B</td><td rowspan="2">63</td><td rowspan="2">59.2</td><td>56
65
71</td></tr>
<tr><td>60</td></tr>
<tr><td>160</td><td>MCY14-1B
SCY14-1B
YCY14-1B
CCY14-1B</td><td>160</td><td rowspan="3">31.5</td><td rowspan="3">1000</td><td rowspan="3">≥92</td><td>94.5</td><td>140
155
160
147</td></tr>
<tr><td>250</td><td>MCY14-1B
SCY14-1B
YCY14-1B
CCY14-1B</td><td>250</td><td>148</td><td>210
240
255
249</td></tr>
<tr><td>400</td><td>SCY14-1B
YCY14-1B</td><td>400</td><td>250</td><td></td></tr>
</table>

（3）外形尺寸(见表 22. 5-39)

表 22. 5-39　CY14-1B 型柱塞泵外形尺寸　　（mm）

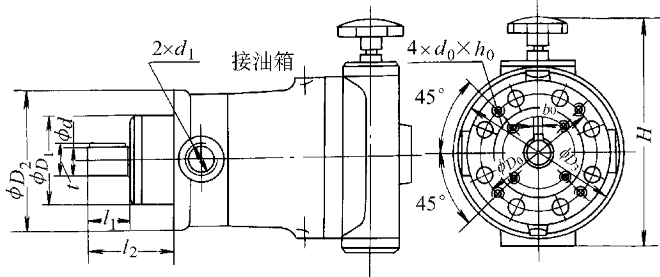
MCY14-1B



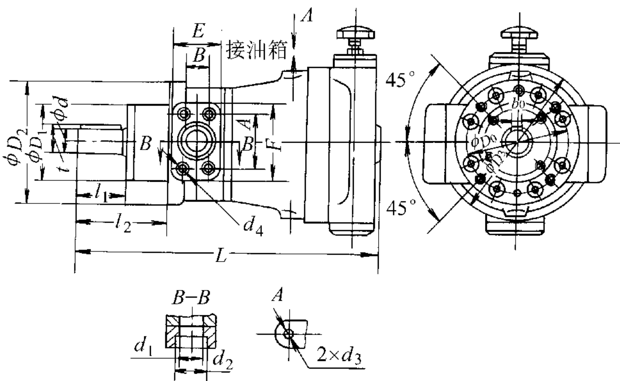
型号		ϕd	d_1	ϕd_2	d_3	d_4	ϕD_0	ϕD_1
2. 5	MCY14-1B	14	M18 × 1. 5	—	M10 × 1	—	80	52
10	MCY14-1B	25	M22 × 1. 5	—	M14 × 1. 5	—	100	75
25	MCY14-1B	30	M33 × 2	—	M14 × 1. 5	—	125	100
63	MCY14-1B	40	M42 × 2	—	M18 × 1. 5	—	155	120
160	MCY14-1B	55	50	64	M22 × 1. 5	M20	198	150
250	MCY14-1B	60	55	76	M22 × 1. 5	M30	230	180

型号		ϕD_2	D_3	l_1	l_2	A	B	E	F	b_0 (h8)	t	L	$d_0 \times h_0$
2. 5	MCY14-1B	78	92	26	63	—	—	—	—	5	16	171	M8 × 20
10	MCY14-1B	125	150	41	86	—	—	—	—	8	27. 5	253	M10 × 25
25	MCY14-1B	150	170	54	104	—	—	—	—	8	32. 5	308	M10 × 25
63	MCY14-1B	190	225	62	122	—	—	—	—	12	42. 5	390	M12 × 25
160	MCY14-1B	240	300	110	180	120	50	90	160	16	58. 5	525	M16 × 35
250	MCY14-1B	280	360	112	210	125	55	110	180	16	63. 5	679	M20 × 45

SCY14-1B



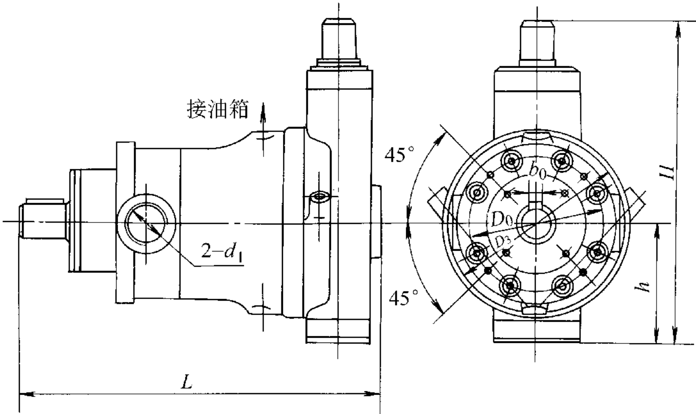
（续）



型号		φd	d_1	d_2	d_3	d_4	ϕD_0	ϕD_1
10	SCY14-1B	25	M22×1.5	—	M14×1.5	—	100	75
25		30	M33×2				125	100
63		40	M42×2		M18×1.5		155	120
160		55	50	64	M22×1.5	M20	198	150
250		60	55	76		M30	230	180

型号		ϕD_2	ϕD_3	l_1	l_2	A	B	E	F	H	b_0 (h8)	t	L	$d_0 \times h_0$
10	SCY14-1B	125	150	41	86	—	—	—	—	231	8	27.5	295	M10×25
25		150	170	54	104					266		32.5	362	
63		190	225	62	122					315	12	42.5	438	M12×25
160		240	300	110	180	120	50	90	160	405	16	58.5	585	M16×35
250		280	360	112	210	125	55	110	180	456		63.5	679	M20×45

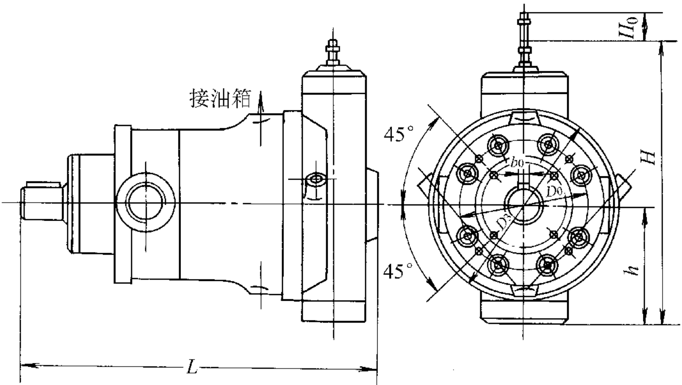
YCY14-1B



（续）

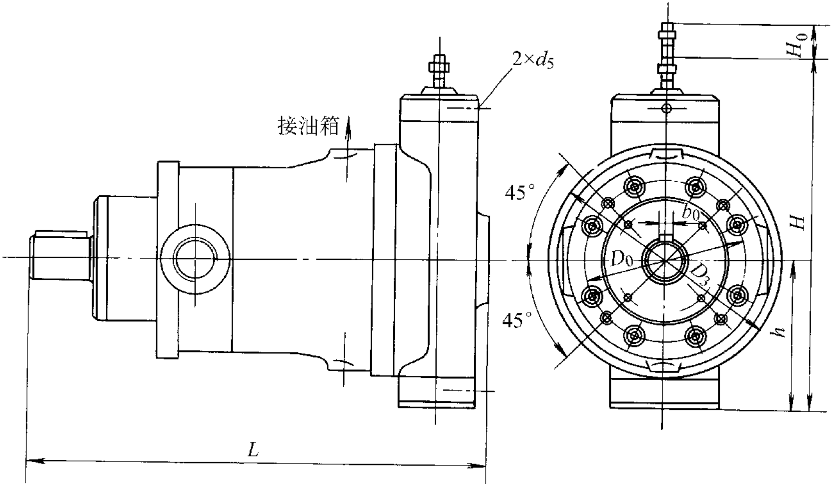
型号 \ 尺寸		D_3	H	h	L	型号 \ 尺寸		D_3	H	h	L
10 25 63	YCY14-1B	175 195 250	302 337 368	109 136 157	299 362 439	160 250	YCY14-1B	322 382	460 571	191 236	585 691

CCY14-1B



型号 \ 尺寸		D_3	H	H_0	h	L	型号 \ 尺寸		D_3	H	H_0	h	L
10 25 63	CCY14-1B	175 195 250	247 305 337	27 36.4 43.4	103 123 138	299 362 439	160 250	CCY14-1B	322 382	397 452	45 60	178 208	585 691

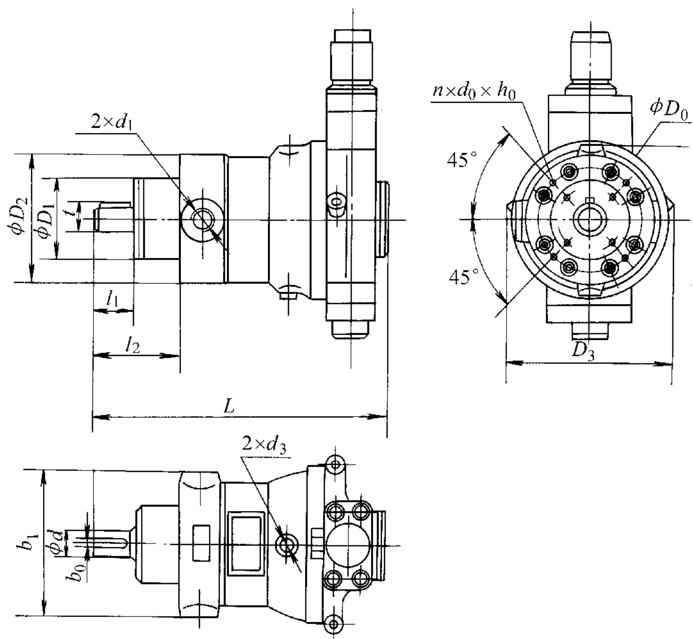
ZCY14-1B



（续）

型　　号	D_3	H	H_0	h	L	d_5
25ZCY14-1B	172	283	34.6	123	362	M18×1.5
63ZCY14-1B	200	315	41.4	143	446	M18×1.5
160ZCY14-1B	340	421	45	184	594	M18×1.5
250ZCY14-1B	420	478	58.6	208	690	M22×1.5

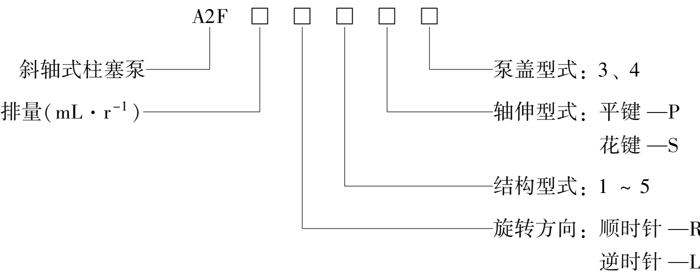
MYCY14-1B



型号 \ 尺寸		ϕd	d_1	d_3	ϕD_0	ϕD_1	ϕD_2	D_3	l_1	l_2	b_0 (h8)	t	L	$d_0×h_0$
10	MYCY14-1B	25	M22×1.5	M14×1.5	100	75	125	170	40	86	8	27.5	295	M10×25
25		30	M33×2		125	100	150	195	52	104		32.5	362	
63		40	M42×2	M18×1.5	155	120	190	250	60	122	12	42.5	438	M12×25

7.3　A2F 型柱塞泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-40)

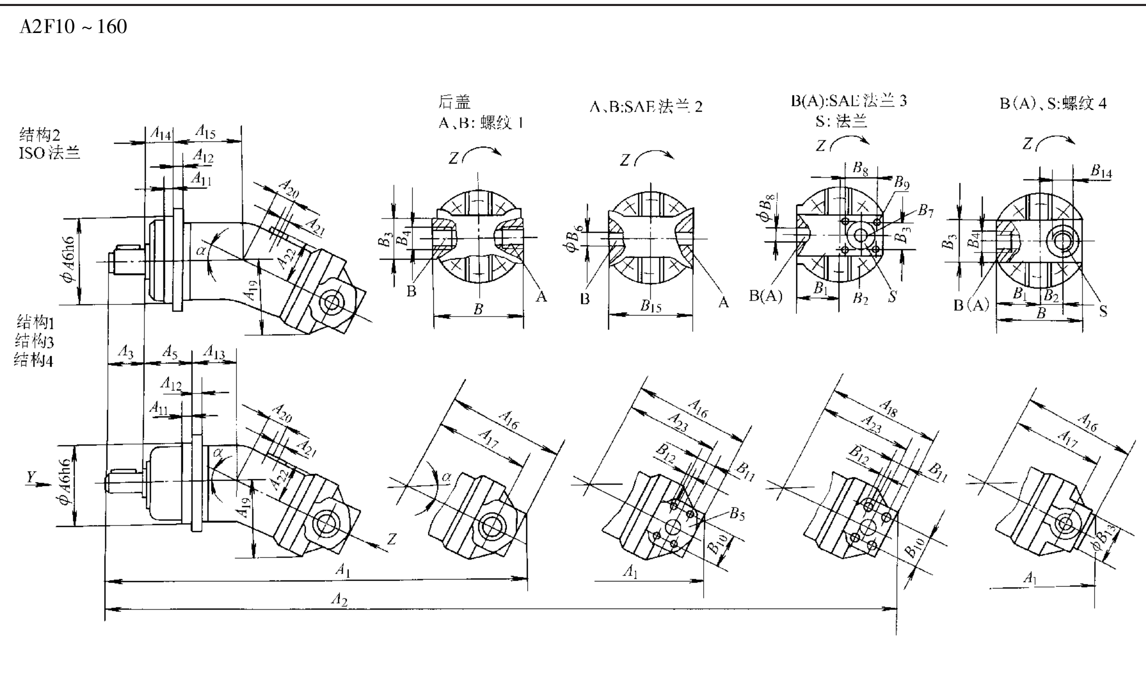
（3）外形尺寸(见表 22.5-41)

表 22.5-40　技术规格

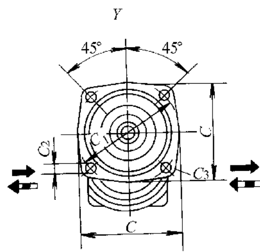
型　号	排量 /mL·r⁻¹	压力 /MPa		闭式系统 35MPa			开式系统 35MPa			转矩 /N·m	重量 /kg
		额定	最高	转速 /r·min⁻¹	流量 /L·min⁻¹	功率 /kW	转速 /r·min⁻¹	流量 /L·min⁻¹	功率 /kW		
A2F10	9.4	35	40	7500	71	41	5000	46	27	52.5	5
A2F12	11.6			6000	70		4000	45		64.5	
A2F23	22.7			5600	127	74		88	53	126	12
A2F28	28.1			4750	133	78	3000	82	49	156	
A2F45	44.3			3750	166	97		129	75	247	23
A2F55	54.8				206	120	2500	133	80	305	
A2F63	63			4000	252	147	2700	165	99	350	33
A2F80	80			3350	268	156	2240	174	105	446	
A2F107	107			3000	321	187	2000	208	125	594	44
A2F125	125			3150	394	230	2240	272	163	693	63
A2F160	160			2650	424	247	1750			889	
A2F200	200			2500	500	292	1800	349	210	1114	88
A2F250	250				625	365	1500	364	218	1393	
A2F355	355			2240	795	464	1320	455	273	1978	138
A2F500	500			2000	1000	583	1200	582	350	2785	185

表 22.5-41　A2F 型柱塞泵外形尺寸　　　　（mm）

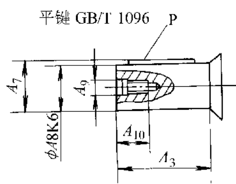
A2F10～160

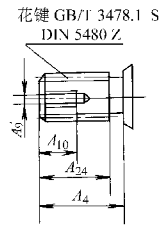


（续）



轴伸





规格 α=20°	规格 α=25°	结构型式	后盖型式	A_1 α=20°	A_1 α=25°	A_2 α=20°	A_2 α=25°	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
10	12	4	1、4	235	232	—	—	40	34	40 50 63	80	22.5	20	M6 M8	16 19	8	12.5
23	28	3		296	293			50	34		100	27.9	25				16
45	55	1.2	1、2、3	384	381	378	376	60	35		125	32.9	30	M12	28	10	20
63	80	2		452	450	447	444	70	40	—	140	38	35				23
87	107			480	476	473	468	80	45		160	43.1	40			12 10	25
125	160			552	547	547	540	90	50		180	48.5	45	M16	36		28

规格 α=20°	规格 α=25°	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}	A_{18}	A_{19} α=20°	A_{19} α=25°	A_{20}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	B	B_1	B_2	B_3	B_4
10	12	42	—	—	112	90	—	69	75	10	M12×1.5 M16×1.5	40	—	22	89	42.5	18	40	M22×1.5
23	28	50			145	118		88	95	25		50		28	100	53	25	47	M27×2
45	55	77	32	108	183	150	178	110	118	31.5	M18×1.5	63	151		132	63	29	53	M33×2
63	80	—		130	213	173	208	126	140	36		77	173	33	156	75	35.5	63	M42×2
87	107		40	137	230	190	225	138	149	40		80	190	37.5	165	80		66	
125	160			156	262	212	257	159	173.5	45	M22×1.5	93	212	42.5	195	95	42.2	70	M48×2

规格 α=20°	规格 α=25°	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	C	C_1	C_2	C_3	平键	花键
10	12	—	—	—	—	—	—	—	—	42	M33×2	—	95	100	9 11	10 12	6×32	EXT14Z×1.25m×30R×5f
23	28									53	M42×2		118	125			8×40	EXT18Z×1.25m×30R×5f
45	55	M27×2	19	50	48	M10	50.8	23.8	M10	—	—	126	150	160	13.5	16	8×50	EXT14Z×2m×30R×5f
63	80	M33×2	25	56	60	M12	57.1	27.8	M12			156	145	180			10×56	EXT16Z×2m×30R×5f
87	107			63								160	190	200	17.5	20	12×63	EXT18Z×2m×30R×5f
125	160	M42×2	32	70	75	M16	66.7	31.8	M14			190	210	224			14×70	EXT21Z×2m×30R×5f

（续）

A2F200 ~ 500

规格 200−250

规格 355−500

平键 GB/T 1096

花键 DIN5480

后盖
用于马达工况，用于泵工况（闭式回路）1

后盖
用于泵工况（开式回路）2

油口 A、B：SAE法兰，42MPa尺寸，见 A_{19}

油口 B(A)：SAE 法兰
见尺寸 A_{19}

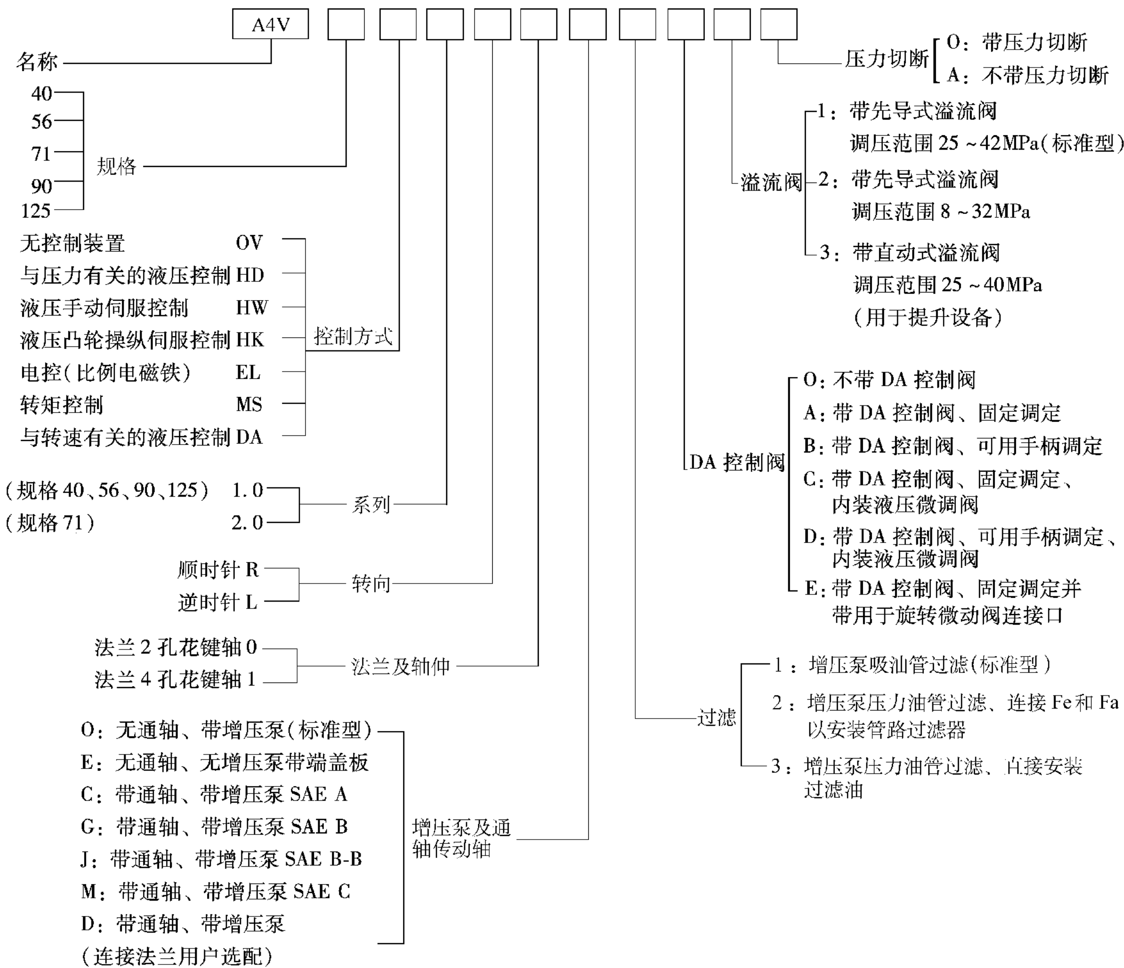
油口 S：SAE 法兰
规格 200−355；17.5MPa
规格 500；14MPa 见尺寸 A_{20}

规格	α	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}
200	21°	$50k_6$	82	53.5	58	224	50	134	25	232	368	22	280	252	300	55	45	216
250	26.5°										370				314			
355		$60m_6$	105	64	82	280		160	28	260	422	18	320	335	380	60	50	245
500		$70m_6$		74.5		315		175	30	283	462	22	360	375	420	65	55	270

规格	A_{18}	A_{19}	A_{20}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{25}	A_{26}	A_{27}	A_{28}	A_{29}	A_{30}	A_{31}	平键	花键
200	M22 × 1.5	M42 × 2	M80 × 3	70	M14 × 1.5	—	M14	31.8	32	66.7	M12	63	88.9	50.8	14 × 80	W50 × 2 × 24 × 9g
250																
355	M33 × 2	M48 × 2		35		360	M16	36.6	40	79.4					18 × 100	W60 × 2 × 28 × 9g
500			M90 × 3		M18 × 1.5	400					M16	75	106.4	62	20 × 100	W70 × 3 × 22 × 9g

7.4　A4V 型柱塞泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.5-42)

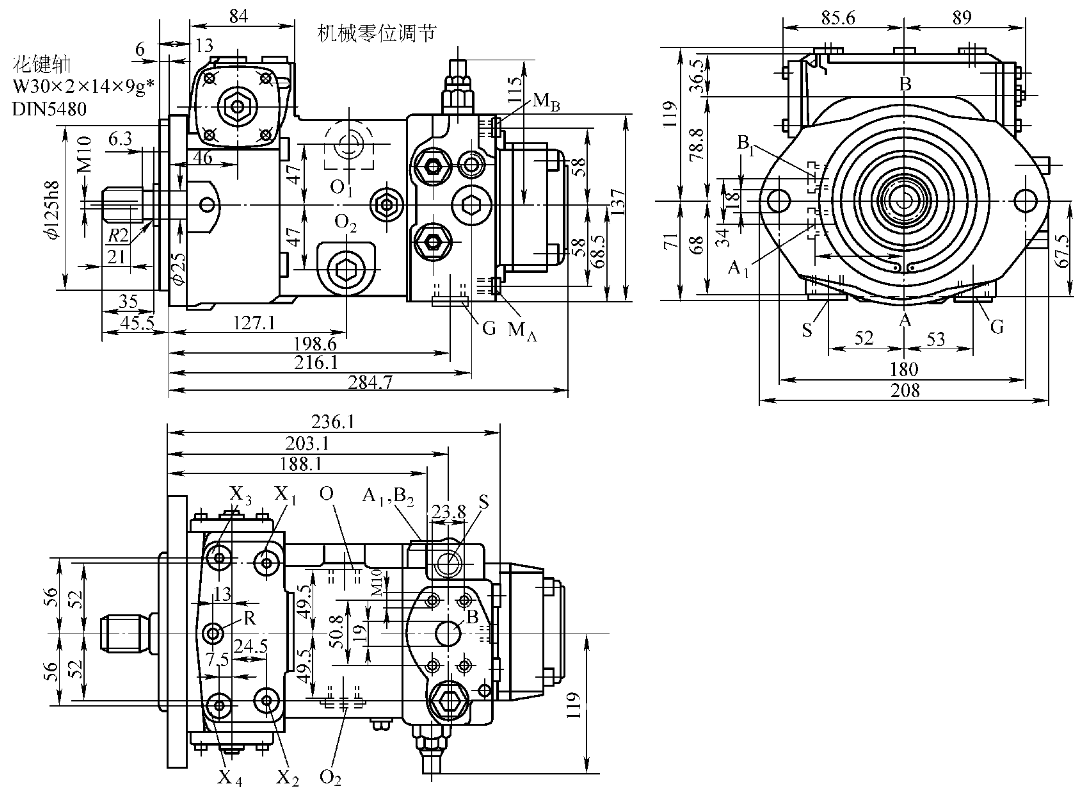
（3）外形尺寸(见表22.5-43)

表22.5-42　技术规格

型号	排量/mL·r^{-1}		压力/MPa				转速/r·min^{-1}		功率/kW (n=1450r/min)		重量/kg
	主泵	增压泵	主泵		增压泵		最低	最高	主泵	增压泵	
			额定	最大	额定	最大					
A4V40	40	8.4	40	45	2.5	4	500	3700	39	0.5	30
A4V56	56	11.4						3400	54	0.7	37
A4V71	71	19.0						3200	69	1.1	54
A4V90	90	19.0						2900	87	1.1	54
A4V125	125	26.4						2600	121	1.0	75

表 22.5-43　A4V 型柱塞泵外形尺寸　　(mm)

A4V40 OV 型(无控制装置)



油 口 代 号	油 口 名 称	接 口 尺 寸
A，B	工作口	SAE3/4in，42MPa
A_1，B_1	旁通口	M18×1.5　深 12
G	供油压力口	M22×1.5　深 14
O_1	漏油泄油口	M22×1.5　深 14
O_2	漏油泄油口	M22×1.5　深 14
M_A	压力表接口，工作管 A	M12×1.5　深 12
M_B	压力表接口，工作管 B	M12×1.5　深 12
R	排气口	M12×1.5　深 12
S	供油吸油管	M22×1.5　深 14
X_1，X_2	控制压力口(节流前)	M12×1.5　深 12
X_3，X_4	控制压力口(控制腔压力)	M12×1.5　深 12

（续）

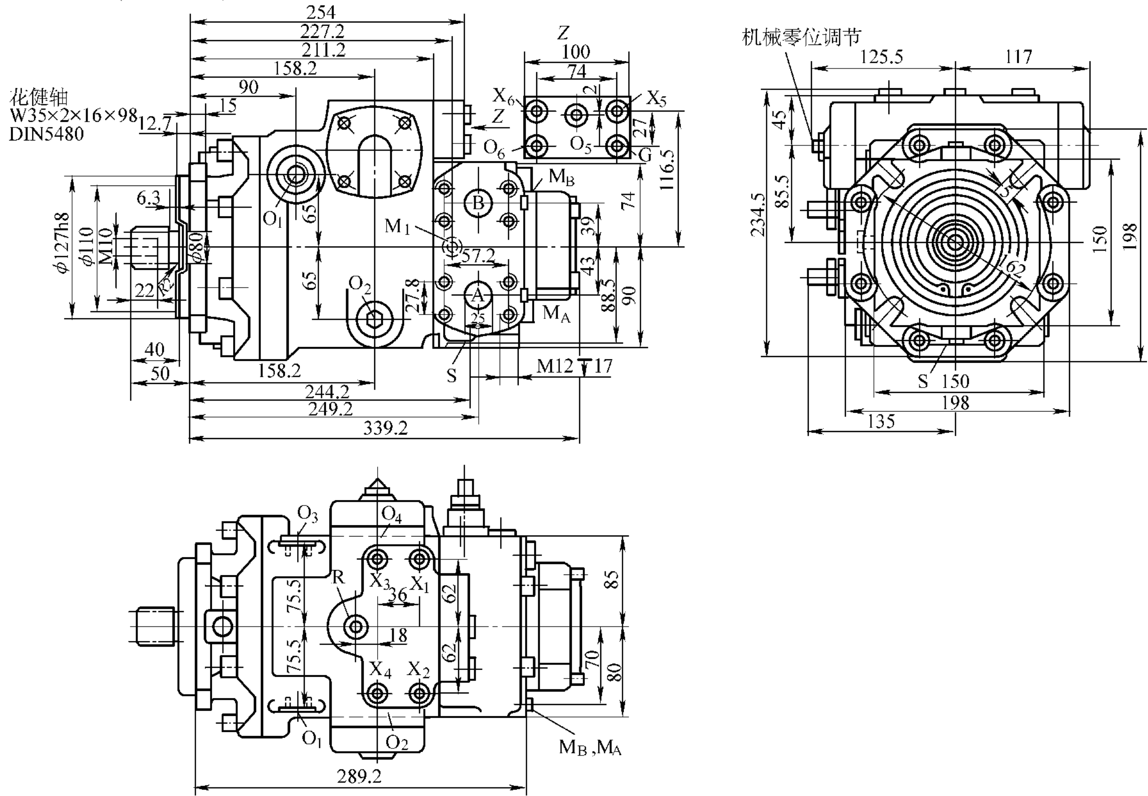
A4V56 OV 型（无控制装置）

* 不符合最新标准 DIN5480(14 齿)

油 口 代 号	油 口 名 称	油 口 尺 寸
A，B	工作口	SAE3/4in，42MPa
A_1，B_1	旁通口	M18×1.5　深 12
G	供油压力口	M22×1.5　深 14
O_1	漏油灌油口	M22×1.5　深 14
O_2	漏油泄油口	M22×1.5　深 14
M_A	压力表接口，工作管 A	M12×1.5　深 12
M_B	压力表接口，工作管 B	M12×1.5　深 12
R	排气口	M12×1.5　深 12
S	供油吸油管	M22×1.5　深 14
X_1，X_2	控制压力口(节流前)	M12×1.5　深 12
X_3，X_4	控制压力口(控制腔压力)	M12×1.5　深 12

（续）

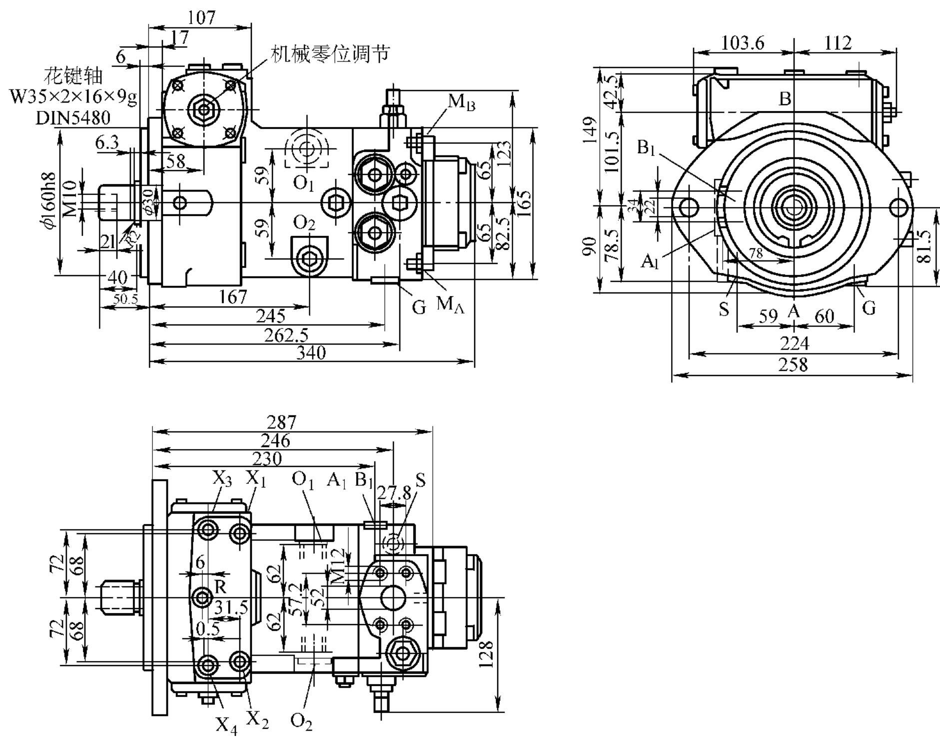
A4V71 OV型(无控制装置)



油 口 代 号	油 口 名 称	油 口 尺 寸
A，B	工作口	SAE1in，42MPa
G	供油压力口	M26×1.5　深16
O_1	漏油灌油口	M26×1.5　深16
$O_{2/3/4}$	漏油泄油口	M14×1.5　深12
$O_{5/6}$	先导油回油口	M8×1.8　深8
M_A	压力表接口，工作管A	M8×1.8　深8
M_B	压力表接口，工作管B	M12×1.5　深15
M_1	压力表接口，供油	M12×1.5　深16
R	排气口	M42×2　深18.5
S	供油吸油管	M12×1.5　深11.5
X_1，X_2	控制压力口(节流前)	M12×14　深14
X_3，X_4	控制压力口(控制腔压力)	M14×1.5　深12
X_5，X_6	取代工作压力先导口	M14×1.5　深12

（续）

A4V90 OV型(无控制装置)



油口代号	油口名称	油口尺寸
A，B	工作口	SAE1in，42MPa
A_1，B_1	旁通口	M18×1.5 深12
G	供油压力口	M22×1.5 深14
O_1	漏油灌油口	M26×1.5 深16
O_2	漏油泄油口	M26×1.5 深16
M_A	压力表接口，工作管A	M12×1.5 深12
M_B	压力表接口，工作管B	M12×1.5 深12
R	排气口	M12×1.5 深12
S	供油吸油管	M26×1.5 深16
X_1，X_2	控制压力口(节流前)	M12×1.5 深12
X_3，X_4	控制压力口(控制腔压力)	M12×1.5 深12

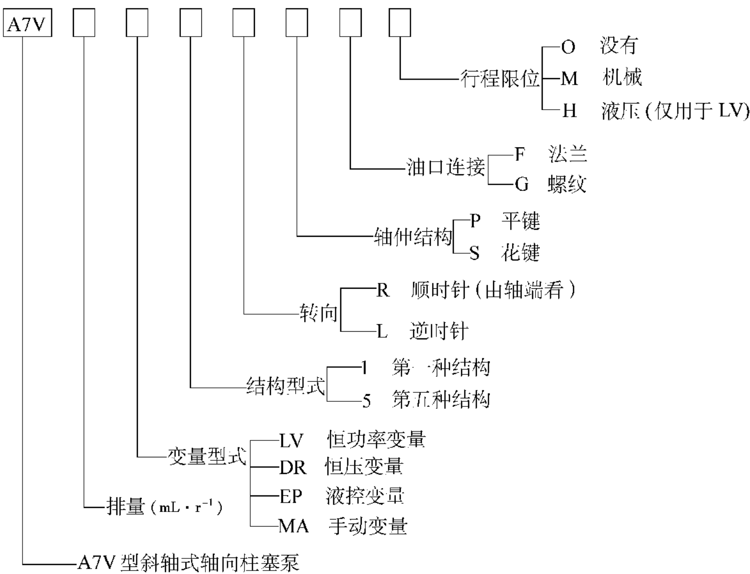
（续）

A4V125 OV(无控制装置)

油 口 代 号	油 口 名 称	油 口 尺 寸
A，B	工作口	SAE1 1/4in，42MPa
A_1，B_1	旁通口	M18×1.5　深 12
G	供油压力口	M22×1.5in　深 14
O_1	漏油灌油口	M33×2　深 18
O_2	漏油泄油口	M33×2　深 18
M_A	压力表接口，工作管 A	M12×1.5　深 12
M_B	压力表接口，工作管 B	M12×1.5　深 12
R	排气口	M12×1.5　深 12
S	供油吸油管	M24×2　深 20
X_1，X_2	控制压力口(节流前)	M12×1.5　深 12
X_3，X_4	控制压力口(控制腔压力)	M12×1.5　深 12
X_5，X_6	取代工作压力先导口	M16×1.5　深 12

7.5　A7V 型柱塞泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-44)

表 22.5-44　技术规格

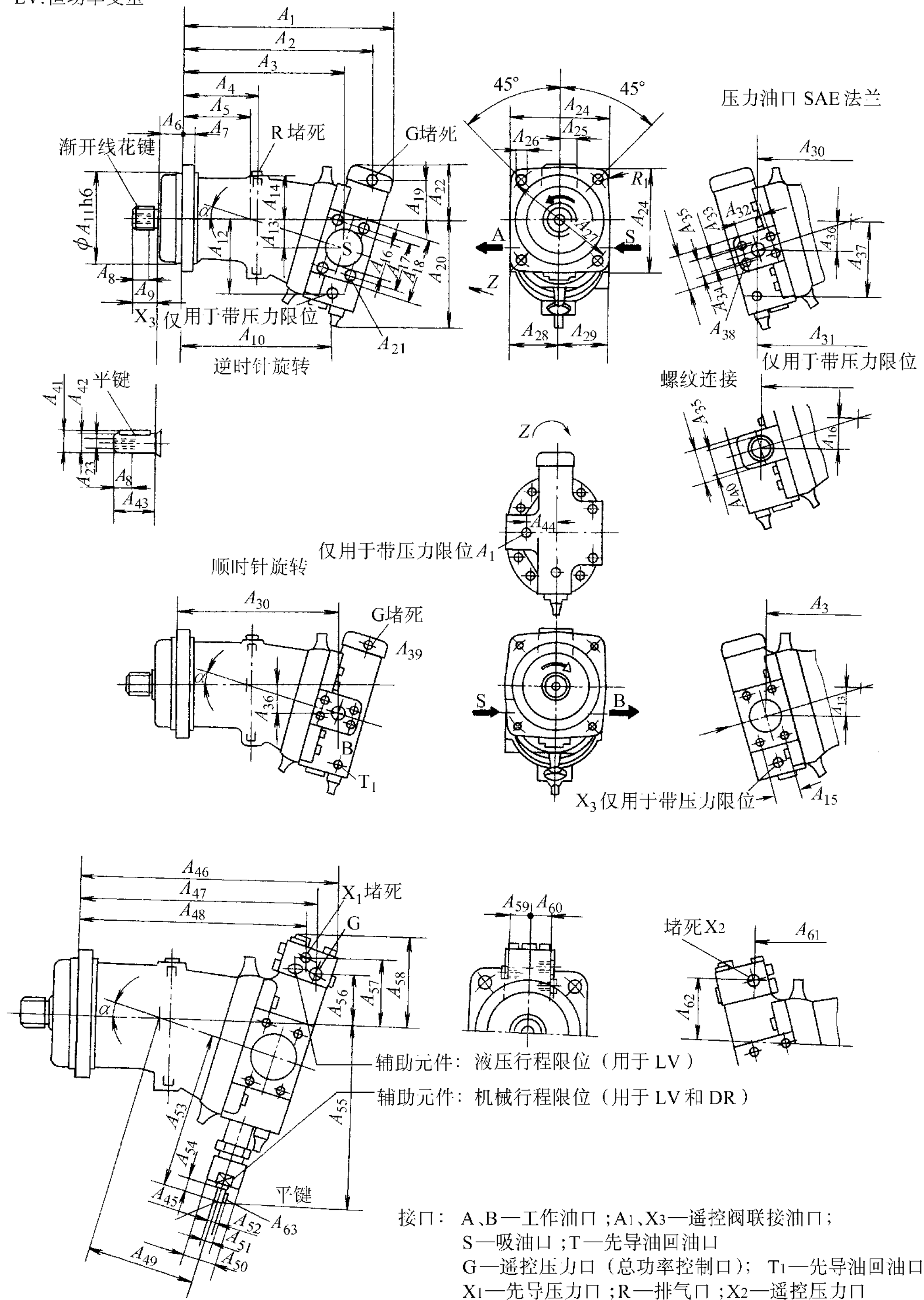
型　号	压力 /MPa		排量 /mL·r⁻¹		最高转速 /r·min⁻¹		流量 /L·min⁻¹ (1450r/min)	功率 /kW (35MPa)	转矩 /N·m (35MPa)	重量 /kg
	额定	最高	最大	最小	吸口压力 0.1MPa	吸口压力 0.15MPa				
A7V20	35	40	20.5	0	4100	4750	28.8	17	114	19
A7V28			28.1	8.1	3000	3600	39.5	24	156	
A7V40			40.1	0	3400	3750	56.4	34	223	28
A7V55			54.8	15.8	2500	3000	77.1	46	305	44
A7V58			58.8	0	3000	3350	82.3	50	326	
A7V80			80	23.1	2240	2750	112.5	68	446	53
A7V78			78	0	2700	3000	109.7	66	431	
A7V107			107	30.8	2000	2450	150.5	91	594	76
A7V117			117	0	2360	2650	164.6	99	651	
A7V160			160	46.2	1750	2100	235	135	889	
A7V250			250	0	1500	1850	—	—	1391	105
A7V355			355	0	1320	1650			1975	165
A7V500			500	0	1200	1500			2782	245

（3）外形尺寸(见表 22.5-45)

表 22.5-45　A7V 型柱塞泵外形尺寸　(mm)

A7V20～160

LV：恒功率变量



（续）

规格	α	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}	A_{18}
20	9°	251	221	199	107	75	25	15	19	43	160	100	85	20	52	35.7	38	60.0	94
28	16°	260	232	195							140		95	34	50				
40	9°	317	287	255	123	108	32	20	28	35	244	125	—	23	63	42.9	50	77.8	102
55	16°	327	296	251	128						—		106	41					
58	9°	374	337	304	152	137		23		40	295	140	—	26.5	77	50.8	63	83.9	115
80	16°	385	347	300							—		113	48					
78	9°	381		310	145	130	40	25		45	298	160	—	29	80				
107	16°	393	358	305							—		130	50					
117	9°	443	402	364	214	156		28	36	50	350	180	—	33	93	61.9	75	106.4	135
160	16°	454	414	359	213						—			58	88				

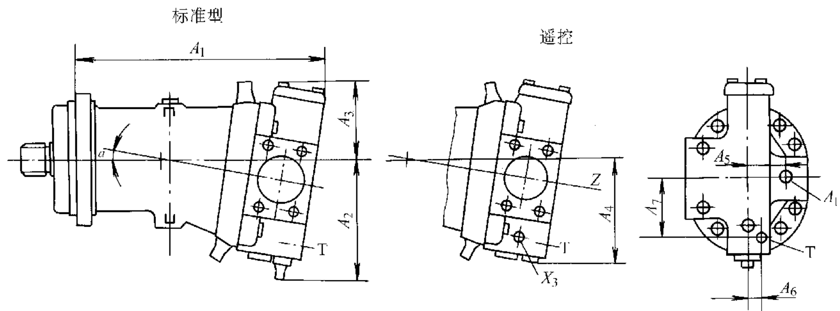
规格	A_{19}	A_{20}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{25}	A_{26}	A_{27}	A_{28}	A_{29}	A_{30}	A_{31}	A_{32}	A_{33}	A_{34}	A_{35}	A_{36}	A_{37}	A_{38}
20	78	132	M12	95	M8	118	23.5	11	125	58	58	193	—	50.8	19	23.8	46	19	—	M10
28	59	145		80	M12	150	29	13.5	160	71	81	189						33		
40	87	166		109								253	261				53	23	98	
55	64	182		91		165	33		180	86	92	249	—					40	—	
58	93	168		133								301	313	57.2	25	27.8	64	26	109	M12
80	68	194		—		190		17.5	200	89	93	297	—					47	—	
78	101	180		120								306	318					28	119	
107	73	200	M16	98	M16	210	34		224	104	113	301	—	66.7	32	31.8	70	49	—	M14
117	114	195		137								359	369					32	136	
160	83	222		112								354	—					57	—	

规格	A_{39}	A_{40}	A_{41}	A_{42}	A_{43}	A_{44}	A_{45}	A_{46}	A_{47}	A_{48}	A_{49}	A_{50}	A_{51}	A_{52}	A_{53}	A_{54}	A_{55}	A_{56}	A_{57}
20	—	M27×2	27.9	25	50	38	M3	257	226	230	108	42	8.8	8	161	14	176	77	104
28								269	234	242							186	58	84
40	M18×1.5	M33×2	32.9	30	60	40	M4	323	290	279	134	—	11.2	10	184	16	204	85	117
55	—							337	299	292							215	62	98
58	M18×1.5	M42×2	38	35	70	62	M5	378	344	330	155.5	52	18	16	228	24	251	91	116
80	—							391	354	343							265	65	91
78	M18×1.5		43.1	40	80	55		385	352	338	169				236		261	99	124
107	—							400	363	351							276	71	97
117	M18×1.5	M48×2	48.5	45	90	65		445	408	354	192	65			266		294	111	137
160	—							461	420	399							310	79	108

规格	A_{58}	A_{59}	A_{60}	A_{61}	A_{62}	平键		花键 GB/T 3478.1	R_1	油口	
						GB/T 1096				R	A_1、X_3
20	129	35	30	228	92	2×10	8×40	EXT18Z×1.25m×30R×5f	12	M16×1.5	M12×1.5
28	114			238	73						
40	147	30		276	104	3×10	8×50	EXT14Z×2m×30R×5f	16		
55	128			288	83						
58	142	33	33	328	104	5×16	10×56	EXT16Z×2m×30R×5f		M18×1.5	M18×1.5
80	120			339	80						
78	150			336	112		12×63	EXT18Z×2m×30R×5f	20		
107	126			348	86						
117	164	34	34	382	125		14×70	EXT21Z×2m×30R×5f			
160	137			396	96					M22×1.5	M20×1.5

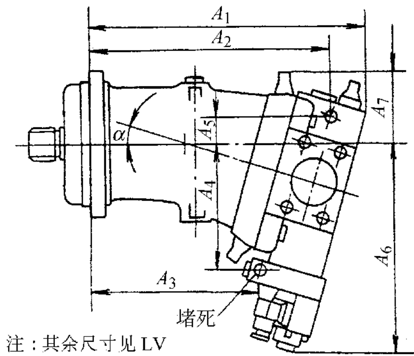
（续）

DR：恒压变量



规　　格	α	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
20	9°	251	134	95	106	38	—	—
40		315	166	107	127	40	14	53
58		372	160		138	62	15	69
78		380	180	114	147	60	—	70
117		441	199	132	165	65	14	83

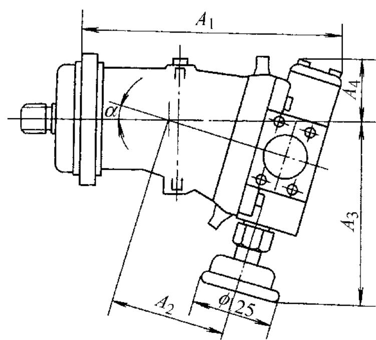
EP：恒控变量



规格	α	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
20	9°	248	182	144	113	54	216	75
28	16°	252	188	130	121	41	229	75
40	9°	312	267	201	130	49	234	110
55	16°	318	271	184	140	29	249	84
58	9°	367	320	249	141	52	245	111
80	16°	373	325	231	154	29	264	105
78	9°	374	325	254	153	55	257	122
107	16°	381	330	234	167	31	227	106
117	9°	434	381	294	172	64	279	132
160	16°	442	387	272	187	36	298	114

（续）

MA：手动变量



注：其余尺寸见 LV

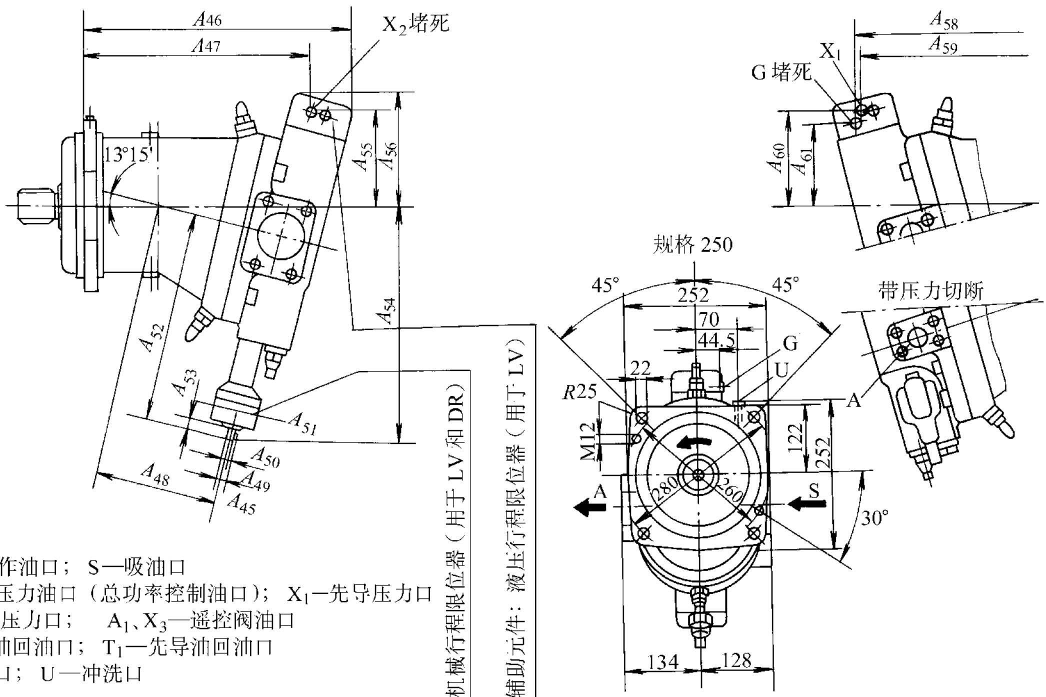
规格	α	A_1	A_2	A_3	A_4
20	9°	251	108	175	95
28	16°	260	108	190	80
40	9°	315	134	197	107
55	16°	323	134	215	89
58	9°	372	155.5	215	107
80	16°	380	155.5	235	86
78	9°	380	169	246	114
107	16°	390	169	270	92
117	9°	441	192	261	132
160	16°	450	192	285	107

A7V250 ~ 500

LV:恒功率变量

花键 DIN5480
U堵死
R 堵死
G堵死
逆时针旋转
平键
R 堵死
T仅用于带压力切断
13°15'
45°
22°30'
U
G
A
S
G 堵死
B
顺时针旋转
S
B

（续）



接口：
A、B—工作油口； S—吸油口
G—遥控压力油口（总功率控制油口）； X_1—先导压力口
X_2—遥控压力口； A_1、X_3—遥控阀油口
T—先导油回油口； T_1—先导油回油口
R—排气口； U—冲洗口

<table>
<tr><th>规格</th><th>A_1</th><th>A_2</th><th>A_3</th><th>A_4</th><th>A_5</th><th>A_6</th><th>A_7</th><th>A_8</th><th>A_9</th><th>A_{10}</th><th>A_{11}</th><th>A_{12}</th><th>A_{13}</th><th>A_{14}</th><th>A_{15}</th><th>A_{16}</th><th>A_{17}</th><th>A_{18}</th><th>A_{19}</th></tr>
<tr><td>250</td><td>491</td><td>450</td><td>364</td><td>134</td><td>120</td><td>13</td><td>36</td><td rowspan="3">50</td><td>25</td><td>58</td><td>371</td><td>224</td><td>M16</td><td>223</td><td>54</td><td>77.8</td><td>100</td><td>130.2</td><td>180</td></tr>
<tr><td>355</td><td>552</td><td>511</td><td>412</td><td>160</td><td>142</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">42</td><td>28</td><td rowspan="2">82</td><td>427</td><td>280</td><td rowspan="2">M20</td><td>240</td><td>59</td><td rowspan="2">92.1</td><td rowspan="2">125</td><td rowspan="2">152.4</td><td>162</td></tr>
<tr><td>500</td><td>615</td><td>563</td><td>465</td><td>194</td><td>175</td><td>30</td><td>464</td><td>315</td><td>252</td><td>68</td><td>185</td></tr>
</table>

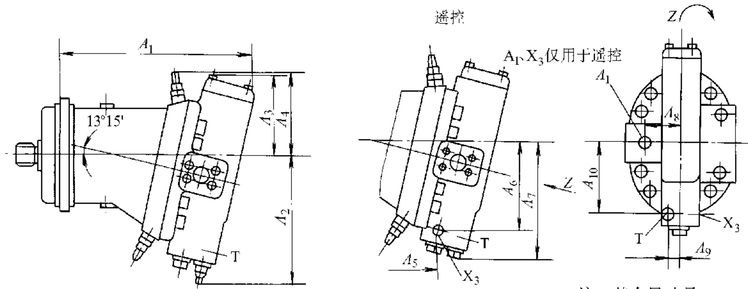
<table>
<tr><th>规格</th><th>A_{20}</th><th>A_{21}</th><th>A_{22}</th><th>A_{23}</th><th>A_{24}</th><th>A_{25}</th><th>A_{26}</th><th>A_{27}</th><th>A_{28}</th><th>A_{29}</th><th>A_{30}</th><th>A_{31}</th><th>A_{32}</th><th>A_{33}</th><th>A_{34}</th><th>A_{35}</th><th>A_{36}</th><th>A_{37}</th><th>A_{38}</th><th>A_{39}</th></tr>
<tr><td>250</td><td>296</td><td>145</td><td>179</td><td>198</td><td rowspan="3">M16</td><td>44.5</td><td>70</td><td>134</td><td>128</td><td>M12</td><td>22</td><td>—</td><td>280</td><td>122</td><td>252</td><td>354</td><td>32</td><td>66.7</td><td>95</td><td>31.8</td></tr>
<tr><td>355</td><td>328</td><td>157</td><td>194</td><td>206</td><td>48.5</td><td rowspan="2">35</td><td>130</td><td>140</td><td>M16</td><td>18</td><td>360</td><td>320</td><td>166</td><td>335</td><td>407</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">79.4</td><td rowspan="2">80</td><td>36.6</td></tr>
<tr><td>500</td><td>343</td><td>194</td><td>230</td><td>—</td><td>53</td><td>144</td><td>150</td><td>M20</td><td>22</td><td>400</td><td>360</td><td>186</td><td>373</td><td>446</td><td>35.5</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>规格</th><th>A_{40}</th><th>A_{41}</th><th>A_{42}</th><th>A_{43}</th><th>A_{44}</th><th>A_{45}</th><th>A_{46}</th><th>A_{47}</th><th>A_{48}</th><th>A_{49}</th><th>A_{50}</th><th>A_{51}</th><th>A_{52}</th><th>A_{53}</th><th>A_{54}</th><th>A_{55}</th><th>A_{56}</th><th>A_{57}</th><th>A_{58}</th><th>A_{59}</th></tr>
<tr><td>250</td><td>51</td><td>M14</td><td>82</td><td>53.5</td><td>50</td><td rowspan="2">5×16</td><td>498</td><td>411</td><td>223</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">16</td><td rowspan="2">90</td><td>366</td><td rowspan="2">24</td><td>407</td><td>175</td><td>210</td><td>44.5</td><td>450</td><td>533</td></tr>
<tr><td>355</td><td>58</td><td rowspan="2">M16</td><td rowspan="2">105</td><td>64</td><td>60</td><td>562</td><td>470</td><td>252</td><td>397</td><td>444</td><td>187</td><td>225</td><td>485</td><td>511</td><td>492</td></tr>
<tr><td>500</td><td>64</td><td>74.5</td><td>70</td><td>6×16</td><td>617</td><td>559</td><td>513</td><td>20.5</td><td>18</td><td>100</td><td>418</td><td>22</td><td>471</td><td>215</td><td>240</td><td>53</td><td>—</td><td>535</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th rowspan="2">规格</th><th rowspan="2">A_{60}</th><th rowspan="2">A_{61}</th><th rowspan="2">平键</th><th rowspan="2">花　　键
DIN 5480</th><th colspan="6">油　　口</th></tr>
<tr><th>G</th><th>X_1</th><th>X_2</th><th>X_3</th><th>R</th><th>U</th></tr>
<tr><td>250</td><td>169</td><td>145</td><td>14×80</td><td>W50×2×24×9g</td><td>M14×1.5</td><td>M14×1.5</td><td>M14×1.5</td><td>M16×1.5</td><td>M22×1.5</td><td rowspan="2">M14×1.5</td></tr>
<tr><td>355</td><td>182</td><td>157</td><td>18×100</td><td>W60×2×28×9g</td><td rowspan="2">M16×1.5</td><td rowspan="2">M16×1.5</td><td rowspan="2">M16×1.5</td><td rowspan="2">M22×1.5</td><td rowspan="2">M33×1.5</td></tr>
<tr><td>500</td><td>210</td><td>—</td><td>20×100</td><td>W70×3×22×9g</td><td>M18×1.5</td></tr>
</table>

（续）

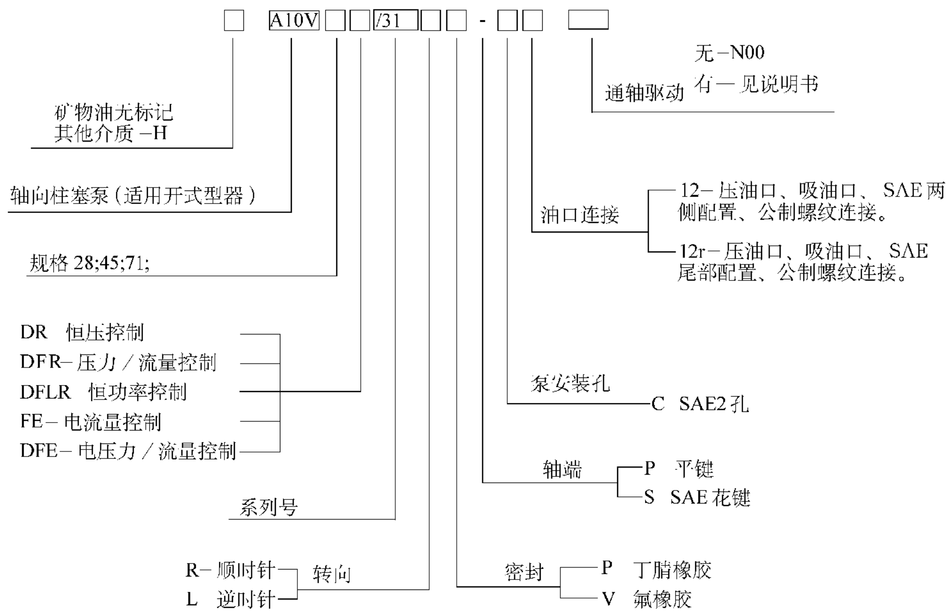
DR：标准型



规格	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
250	489	296	173	198	314	211	272	84	28	165
355	552	328	194	206	366	228	306	85	32	175
500	610	343	221	—	417	241	—	84	38	180

7.6　A10V 型柱塞泵

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-46)

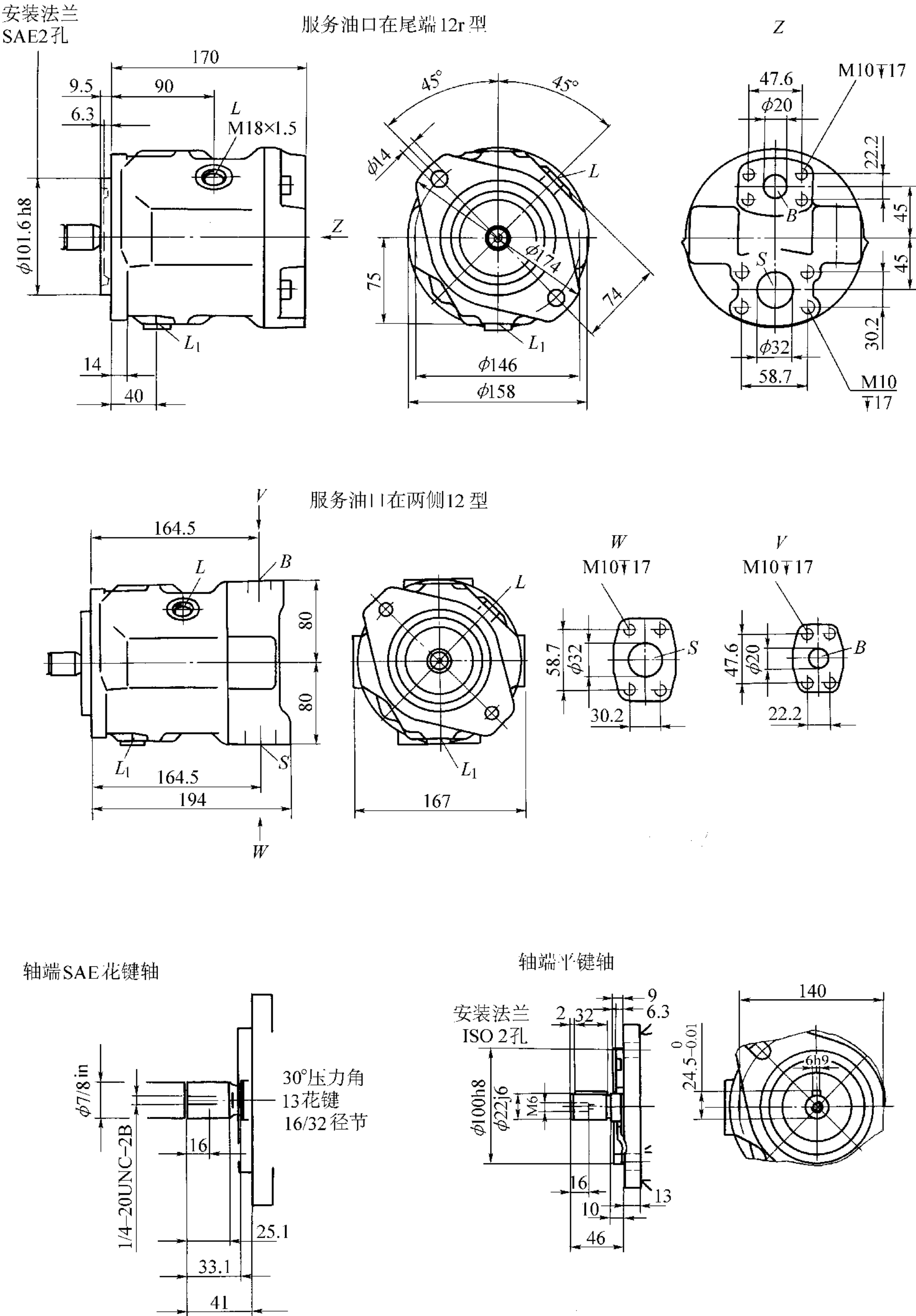
表 22.5-46　技术规格

规　　格	28	45	71	规　　格	28	45	71
排量/mL·r^{-1}	28	45	71	转矩(Δp=10.0MPa)/N·m	45	72	113
最高转速/r·min^{-1}	3000	2600	2200	驱动轴的惯性矩/kg·m^2	0.0017	0.0033	0.0083
最大流量/L·min^{-1}	84	117	156	注油容量/L	0.7	1.0	1.6
n_E=1500rpm/L·min^{-1}	42	68	107	重量(无油)/kg	15	21	33
最大功率(Δp=28.0MPa)/kW	39	55	73	驱动轴的允许负荷： 最大轴向力/N	1000	1500	2400
n_E=1500min[(r/min)/kW]	20	32	50				
最大转矩(Δp=28.0MPa)/N·m	125	200	316	最大径向力/N	1200	1500	1900

(3) 外形尺寸(见表22.5-47)

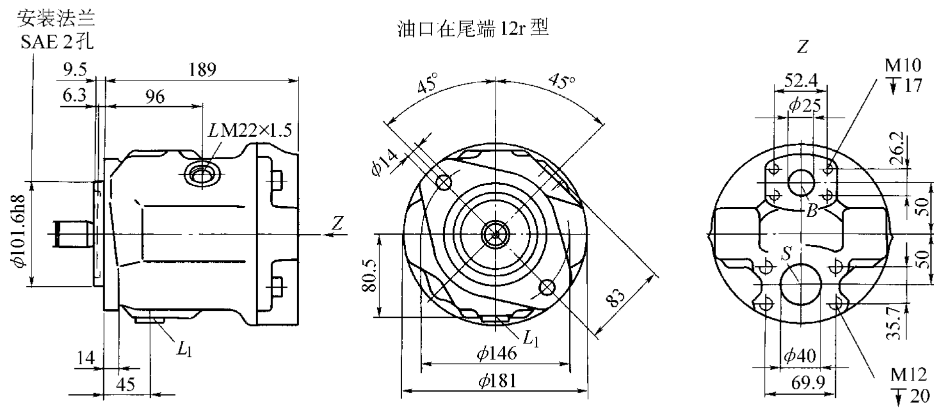
表22.5-47 A10V型柱塞泵外形尺寸 (mm)

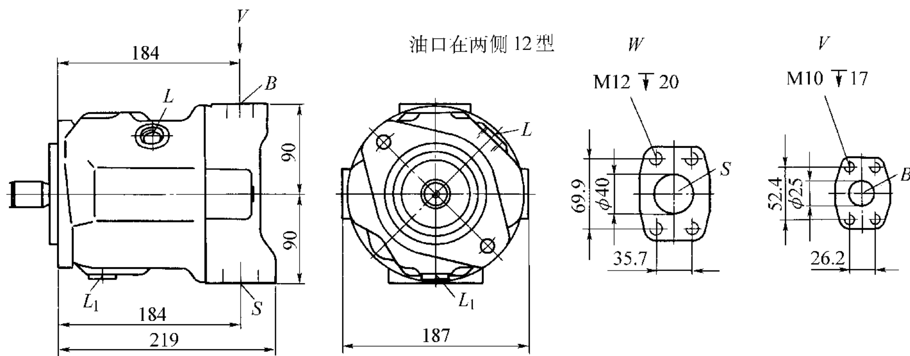
规格28，N00型(不带通轴驱动)不包括控制器

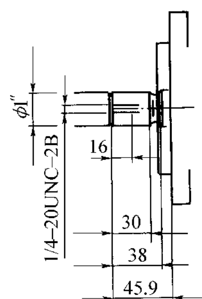


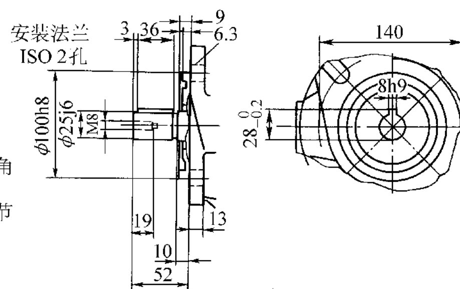
（续）

规格 45，N00 型(不带通轴驱动)不包括控制器



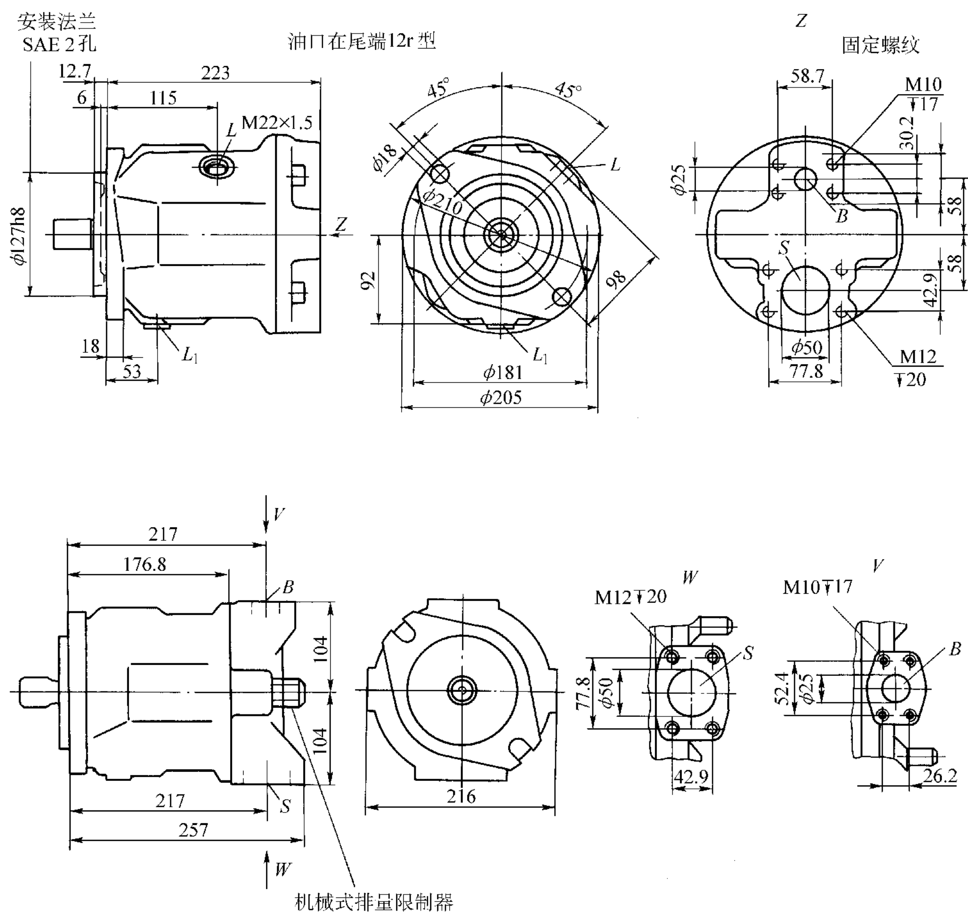




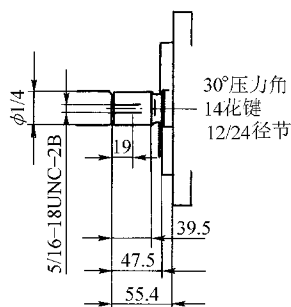


（续）

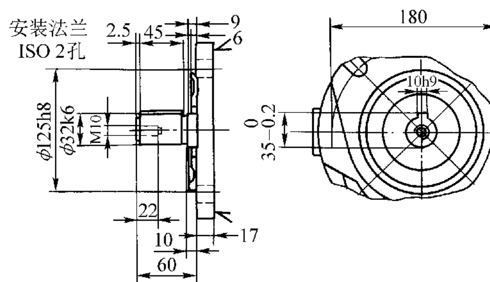
规格71，N00型（不带通轴驱动）不包括控制器



轴端SAE花键轴



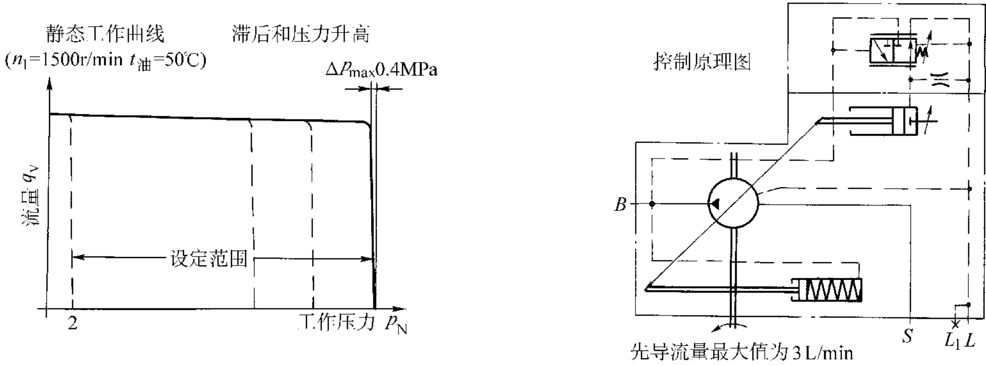
轴端平键轴

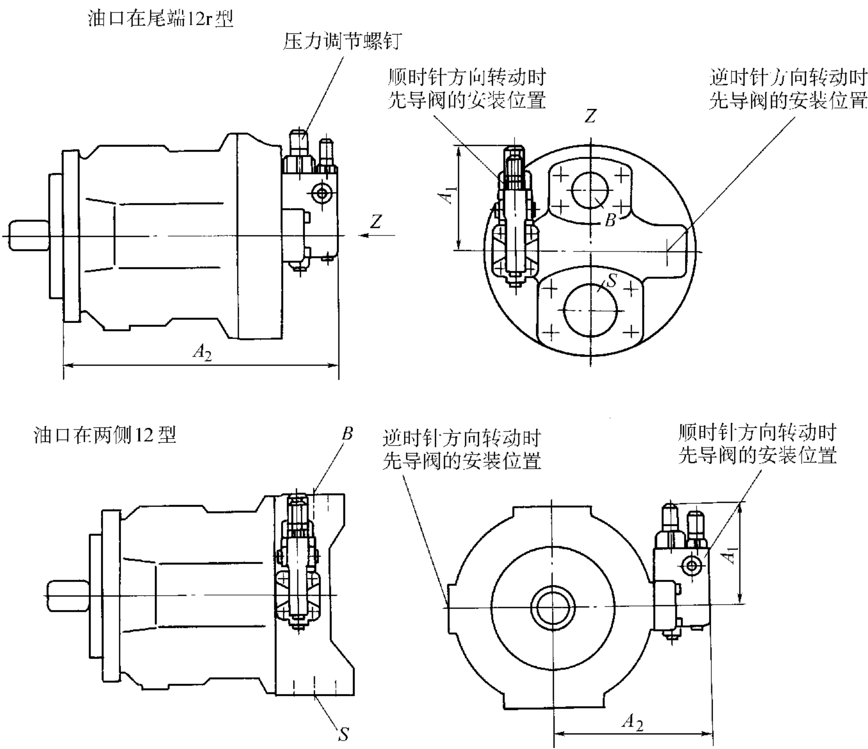


（续）

DR 恒压控制

能在泵的控制范围内使液压系统的压力保持恒定。因此，泵只供应各项服务所需的液压能。压力可在先导阀处无级设定。机械式排量限制器可在 V_{gmax} 至50% V_{gmax} 范围内调节，适用于不带通轴驱动的 N00 型。



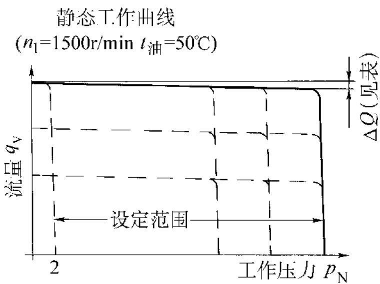


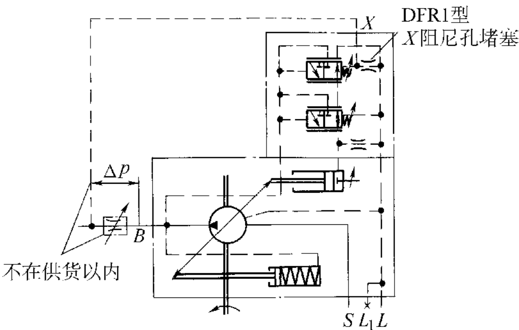
规 格	12r 型 A_1	12r 型 A_2	12 型 A_1	12 型 A_2
28	107.5	225	104.5	136
45	104.5	244	104.5	146
71	104.5	278	104.5	160

（续）

DFR 压力/流量控制

不仅能进行恒压控制，还可通过工作管路上的压差(如节流口)对流量进行调节。机械式排量限制器可在 V_{gmax} 至 50% V_{gmax} 范围内调节，适用于不带通轴驱动的 N00 型。DFR1 型的 X 阻尼孔被堵塞。

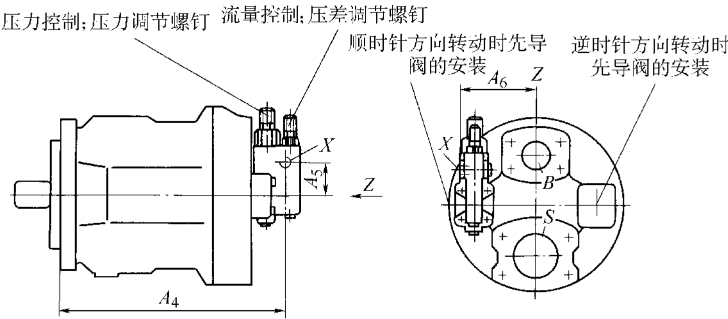




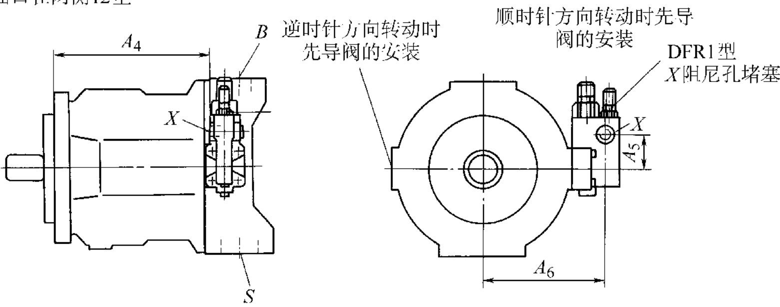
油口在尾端；12r 型

在转速 n = 1500r/min 下测得

规格	28	45	71
Δq_V/L·min^{-1}	1	1.8	2.8



油口在两侧12型

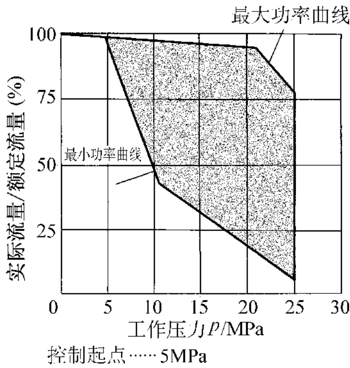


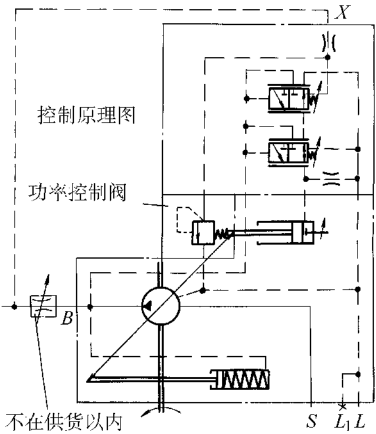
规格	12r 型 A_4	12r 型 A_5	12r 型 A_6	12 型 A_4	12 型 A_5	12 型 A_6	×□
28	209	43	72	141	40	119	M14×1.5；深 12
45	228	40	80.5	156	40	129	M14×1.5；深 12
71	267	40	90.5	184	40	143	M14×1.5；深 12

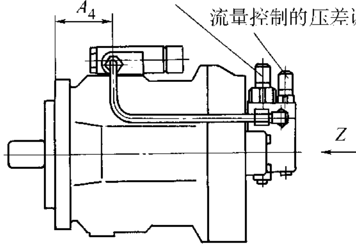
（续）

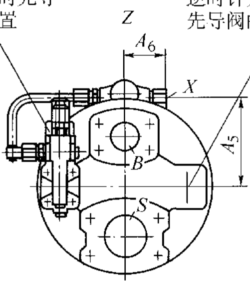
DFLR 恒压/流量/功率控制

为在变化的工作压力下保持恒定驱动转矩，轴向柱塞泵的斜盘倾角及随之产生的输出流量发生改变，以致使流量与压力的乘积保持恒定。恒流量控制在功率曲线以下是可能的。机械式排量限制器可在 V_{gmax} 至 50% V_{gmax} 范围内调节，适用于不带通轴驱动的 N00 型。

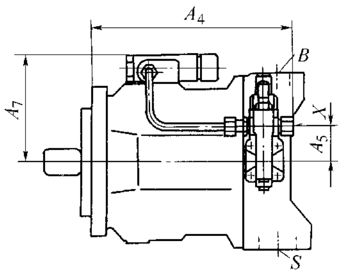


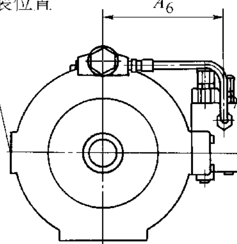






油口在尾端12r型





12r 型 12 型

规格	A_4	A_5	A_6	A_4	A_5	A_6	A_7	×□
28	48	84	48	193	40	119	106.5	M14×1.5；深 12
45	54	91.5	48	208	40	129	112	M14×1.5；深 12
71	69	103.5	48	236	40	143	126	M14×1.5；深 12

FE 电—流量控制

泵输出流量由一电控比例阀进行调节，泵的回转角通过一位移传感器实现反馈。放大器 VT5036 用于控制泵的输出流量，请单独订货。机械式排量限制器可在 V_{gmax} 至 50% V_{gmax} 范围内调节，适用于不带通轴驱动的 N00 型。

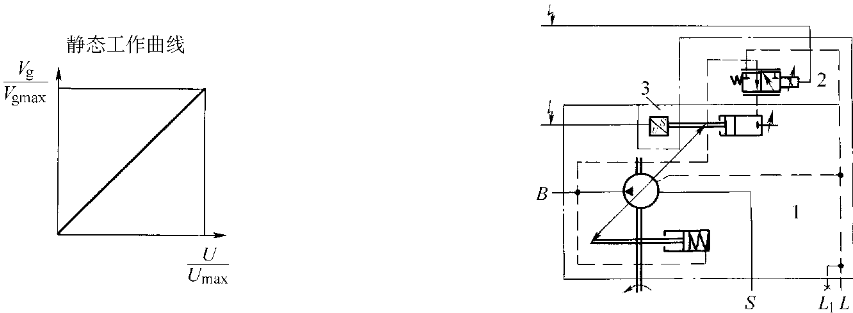
（续）

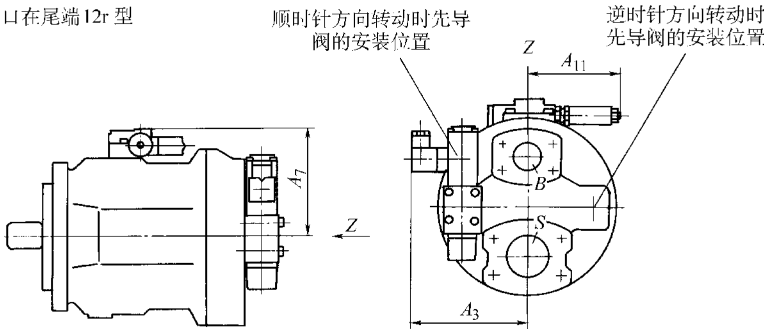
组件：

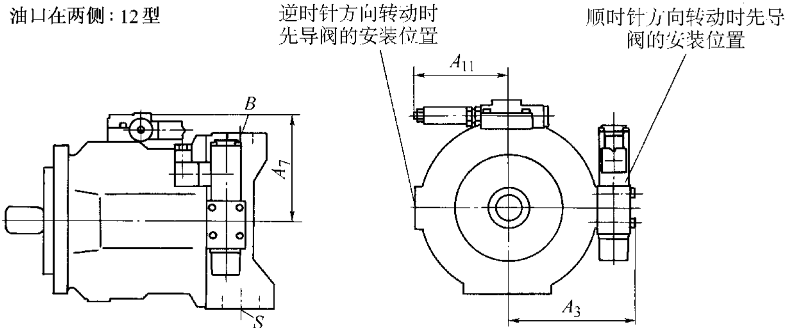
1. 带液控装置的 A10V 泵；
2. 控制阀 ENV202-4-03；
3. 位移传感器 IW9-03-01。

技术参数：最小调节压力 2MPa

控制阀技术参数：供电型式 DC；额定电压 24V；20℃时线圈电阻 12Ω；负载 100%；环境温度 50℃；线圈温度 150℃；绝缘按 IP65；绝缘等级符合 VDE 0580 F；位移传感器；传送频率 1000～5000Hz；电感 9.5mH。







规格	12r 型 A_3	12r 型 A_7	12r 型 A_{11}	12 型 A_3	12 型 A_7	12 型 A_{11}
28	—	—	—	123.5	103.5	106
45	—	—	—	133.5	109	106
71	134.5	126	106.5	147.5	126	106

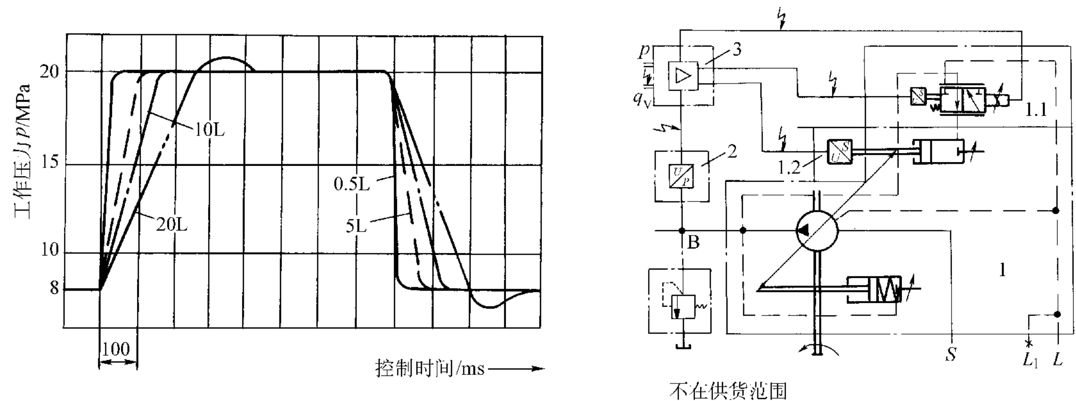
（续）

DFE 电—压力及流量控制

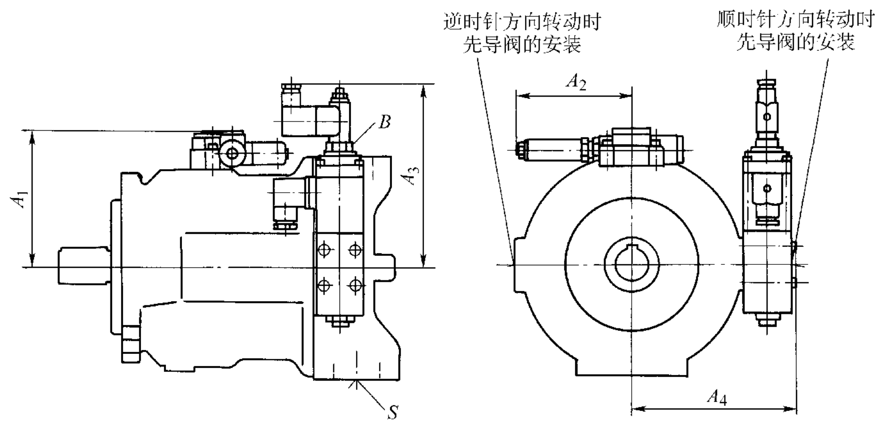
泵的压力和输出流量通过比例阀实现电子控制。输出流量由改变泵的斜盘回转角进行控制。泵的转速的变化(例如用一台柴油机驱动)不能进行调整。泵的压力通过压力传感器反馈到放大器上，而斜盘回转角则通过位移传感器反馈至放大器上。出于安全原因，除在压力控制系统之外必须安装一溢流阀，以确保系统不会超过最大允许压力。

动态工作曲线

规格 71 典型工作曲线：阶跃压力输出信号的理想形状(靠溢流阀关闭压力管道而获得)。

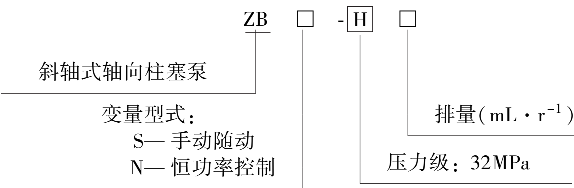


规格	A_1	A_2	A_3	A_4
28	104	107	170	126
45	109	107	170	136
71	121	107	170	150



7.7 ZB 型斜轴式轴向柱塞泵

(1) 型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-48)

（3）外形尺寸(见表 22.5-49)

表 22.5-48　技术规格

型　号	变量型式	排量 /mL · r^{-1}	摆角/(°)		转速/r · min^{-1}		压力/MPa		额定功率①/kW	容积效率 (%)	总效率 (%)	重量 /kg
			最小	最大	0.5MPa压力供油	自吸	额定	最高				
ZBN-H355	恒功率控制	355	0	±26.5	1000		32	40	22～110			370
ZBS-H500	手动启动	500	0	±36.5			32	40	278.27	95	95	537
ZBS-H915		915	0	±25		875	32		487			1010

① 系在额定压力、最大摆角、转速为 875r/min 时的功率。

表 22.5-49　ZB 型斜轴式轴向柱塞泵外形尺寸

ZBV-H355 型

ZBS-H500型

（续）

2BS-H915 型

7.8 JBP 径向柱塞泵

（1）型号说明

□ JBP 250 A H P O F-K L-O

- □：单联(略) 2—双联
- JBP：径向柱塞泵
- 250：排量(详见表 22.5-50)
- A：流体方向：A—单向；B—双向
- H：压力等级：H—31.5MPa；C—20 ~ 25MPa
- P：控制方式：P—恒压控制；BE—电液比例控制；DC—伺服控制；N—恒功率控制；PV—液压远程恒压控制
- O：系统型式：O—开式系统；C—闭式系统
- F：油口连接：F—法兰连接；M—螺纹连接
- K：轴伸：K—花键；G—平键
- L：转向(从轴端看)：R—顺时针；L—逆时针
- O：辅助元件；O—没有

（2）技术规格(见表 22.5-50)

表 22.5-50 技术规格

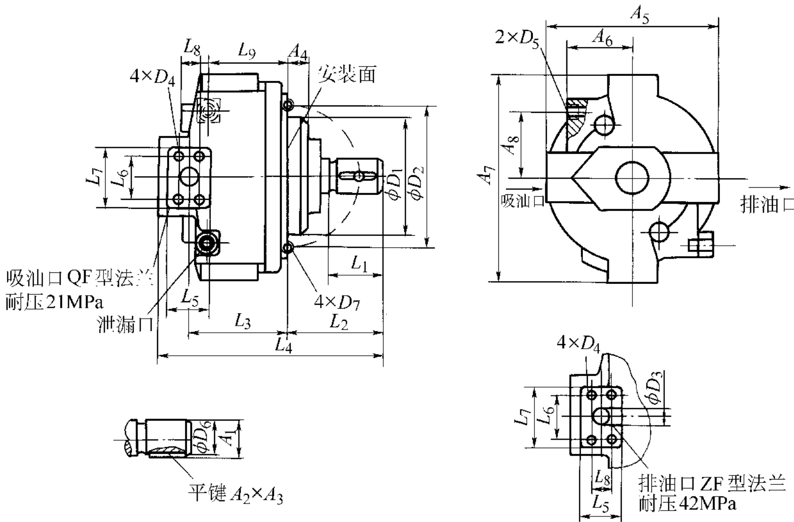
单联泵	公称排量/mL · r^{-1}	10	16	25	40	50	58	65	80	90	125	160	180	250
	额定转速/r · min^{-1}	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
	最高转速/r · min^{-1}	2500	2500	2000	2000	2000	2000	2000	1800	1800	1800	1800	1800	1800
	额定压力/MPa	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	噪声级/dB	70	70	71	72	72	74	74	74	75	78	78	80	84

（续）

	公称排量/mL · r^{-1}	65/25	65/32	90/25	125/25	160/25	250/25	80/58	90/58	160/58	250/58
双联泵	额定转速/r · min^{-1}	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
	最高转速/r · min^{-1}	2000	2000	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
	最高压力/MPa	32/10	32/10	32/10	32/10	28/10	28/10	32/10	32/10	28/8	28/8
	噪声级/dB	74	75	76	77	78	81	76	76	79	84

（3）外形尺寸（见表22.5-51）

表22.5-51　JBP径向柱塞泵外形尺寸　　　　（mm）



公称排量/mL · r^{-1}	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	D_1	D_2	D_3
25	61.5	97.2	119	245.2	60	53	72	28	80	100	125	26
50	54	100.5	119.5	258	60	53	71	28	85.5	140	168	36
65	54	114.3	143.3	340	74	59	83	30	128.7	160	200	36
80	54	112.6	171.7	336.3	74	58	83	47	126.7	160	200	36
160	94	117.5	239	412.5	105	67（排） 106.5（吸）	136	44（排） 62（吸）	55	160	200	50
180	94	117.5	239	412.5	105	67（排） 106.5（吸）	136	32（排） 62（吸）	55	160	200	32（排） 75（吸）
250	90	131	266.5	457	114	96	137	44	204	200	250	52

公称排量/mL · r^{-1}	D_4	D_5	D_6	D_7	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8
25	M10深16	M20×1.5深15	30	M10深18	33	8	50	25.7	210	85	248	65
50	M10深16	M22×1.5深20	40	M10深18	43	10	45	10	253	110	294	82
65	M12深16	M27×2深20	45	M16深20	48.5	14	56	13	272	110	330	82
80	M12深25	M27×2深25	45	M16深20	48.5	14	56	13	277	119	339	91

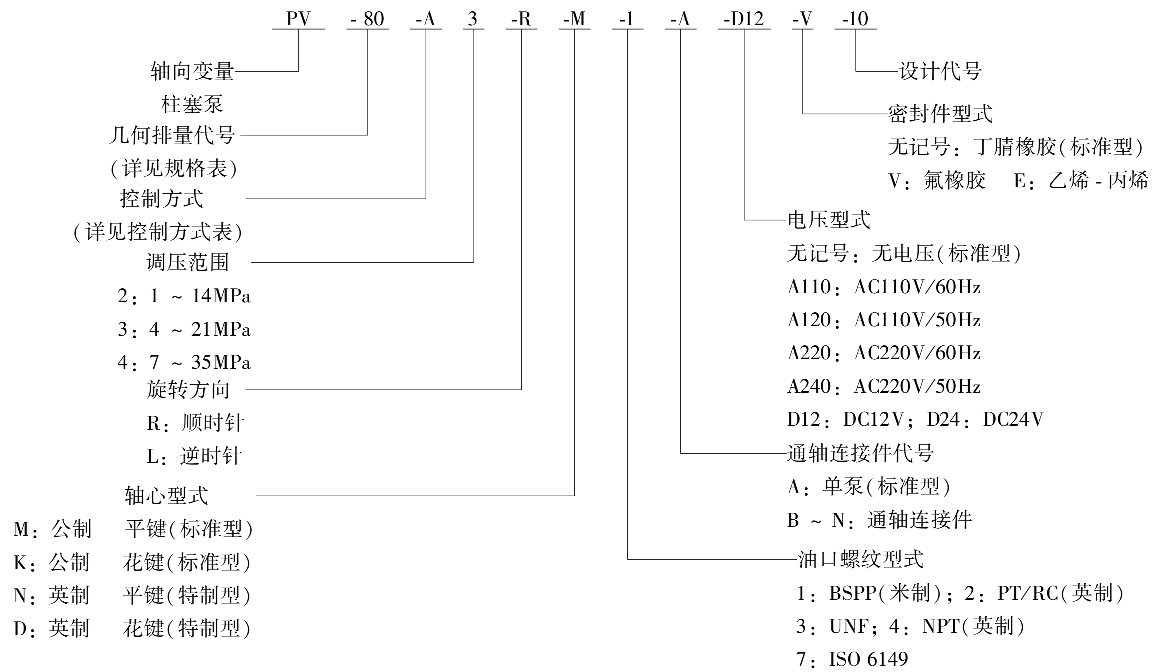
（续）

公称排量 /mL·r^{-1}	D_4	D_5	D_6	D_7	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8
160	M18 深 20	M33×2 深 20	63	M18 深 20	67	18	90	20	359	178	449	
180	M18 深 20	M33×2 深 20	50	M18 深 20	53.5	14	90	20	359	178	449	
250	M20 深 35	M42×2 深 30	70	M20 深 25	74.5	20	75	11.7	435	172	518.8	131

注：1. 如需花键轴请单独说明。
2. 如需串联泵请单独说明。

7.9　PV 型轴向变量柱塞泵

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.5-52）

表 22.5-52　技术规格

型号	额定压力 /MPa	最高压力 /MPa	排量 /mL·r^{-1}	流量/L·min^{-1} 1500r/min	最大输入功率/kW 1500r/min、35MPa	最高转速 /r·min^{-1}	最低转速 /r·min^{-1}	重量 /kg
PV16	350	420	16	24	15.5	2750	300	19
PV20			20	30	19.5			
PV23			23	34.5	22.5			
PV32			32	48	31	2400	300	30
PV40			40	60	39			
PV46			46	69	45			
PV63			63	94.5	61.5	2100	300	60
PV71			71	106.5	66.7			
PV80			80	120	78	2000	300	60
PV92			92	138	89.5	1900		

注：1. 油泵使用安装位置，泄油口朝上，管路背压须低于 0.2MPa，单独回油箱。
2. 最高压力使用，每一循环运转时间不超过 6s，并保持液压油清洁。
3. 可提供多联油泵，亦可与其他型式油泵连接，连接方式采用标准的米制连接尺寸或 SAE 连接尺寸。

（3）控制方法（见表22.5-53）

表22.5-53　控制方式

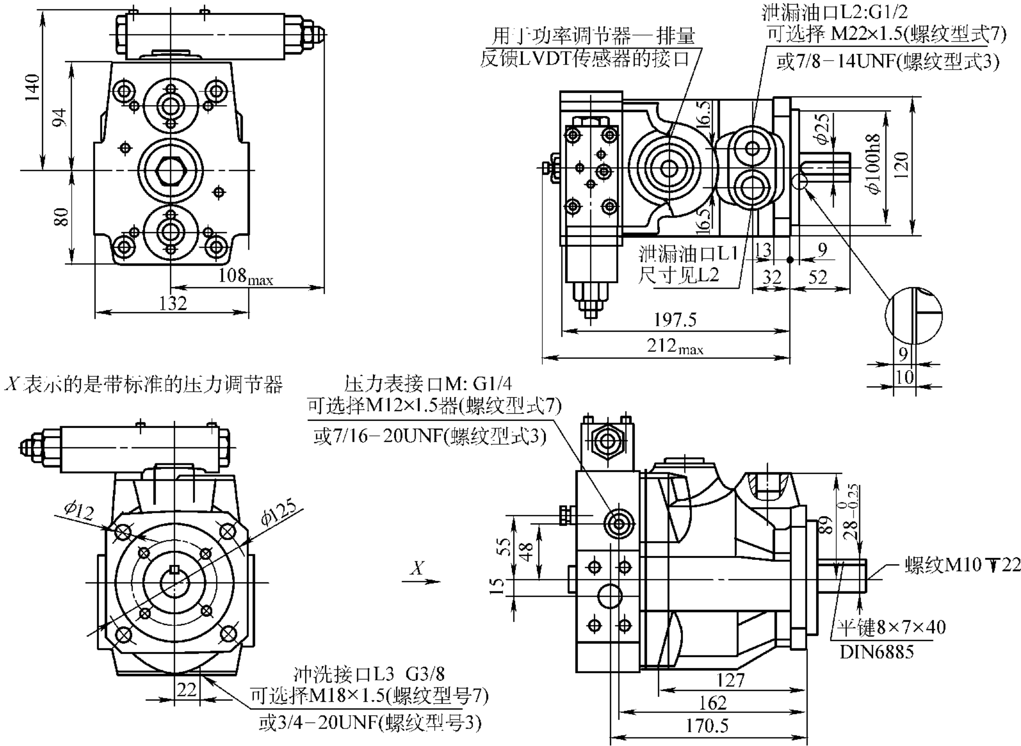
标准型压力调整器 A 压力补偿调节器 遥控型调节器 GT 外接遥控型调节器 GP 层式外接遥控型+负载感应调节器（含调压阀） GA 层式遥控型调节器（含调压阀） GM 层式遥控型调节器（不含调压阀） GJ 层式含比例压力调节器 电控卸载调节器 GB 两段压力调节器 GR 电控卸载调节器 GC 两段压力+电控卸载调节器 负载感应调节器 HL 负载感应型调节器 HM 积层负载感应型调节器 HA 双阀负载感应型调节器（含调压阀） HJ 双阀负载感应型调节器（不含调压阀） HK 负载感应+比例压力比例流量调节器 HQ 负载感应+比例流量调节器	比例压力、流量含回馈控制调节器 FV 比例流量调节器 FR 比例流量、压力调节器 FG 比例流量、压力、压力感应调节器 定马力调节器 PA□层式定马力调节器（不含调压阀） PH□层式定马力+负载感应+压力调节器 PM□层式定马力调节器+调压阀 PL□定马力+外控压力+负载感应调节器 PG□定马力外接遥控调节器

注："□"表示功率代号，定马力调节器功率选择详见如下表格：

定马力调节器功率代号选择		
功率代号	电动机功率/kW	泵从……至……
A	3	PV16～PV23
B	4	PV16～PV23
C	5.5	PV16～PV46
D	7.5	PV16～PV46
E	11	PV16～PV92
F	15	PV32～PV92
G	18.5	PV32～PV92
H	22	PV32～PV92
I	30	PV63～PV92
J	37	PV63～PV92
K	45	PV63～PV92

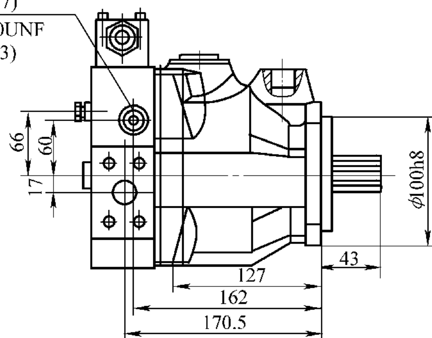
（4）外形尺寸（见表22.5-54）

表22.5-54　PV型轴向变量柱塞泵外形尺寸　（mm）

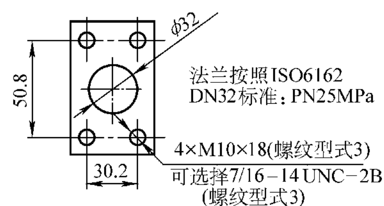


（续）

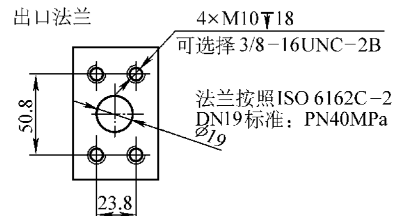
PV16/20/23-A*-**-K-**



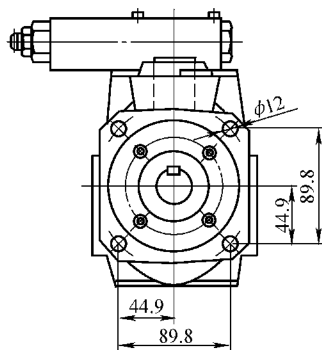
进口法兰

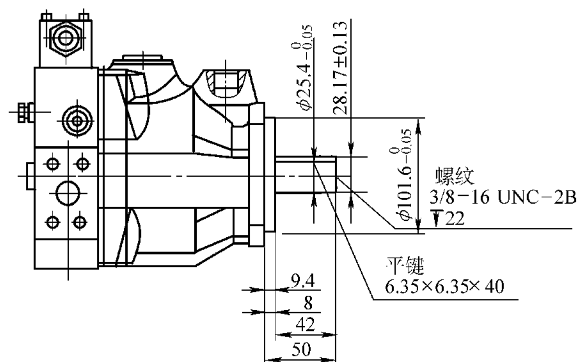


出口法兰

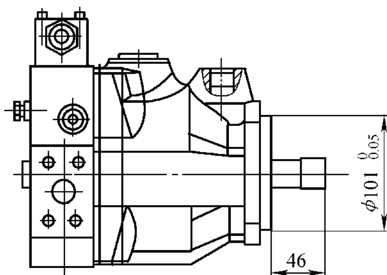


PV16/20/23-A*-**-N-**





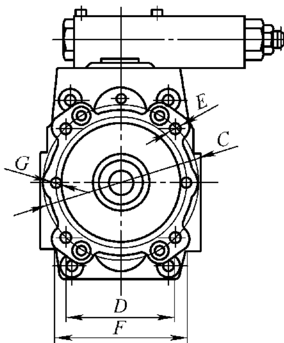
PV16/20/23-A*-**-D-**

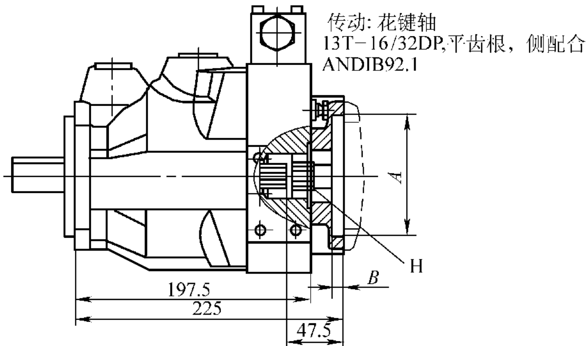


花键轴15T-16/32DP,平齿根，侧配合ANSI B92.1

（续）

通轴结构



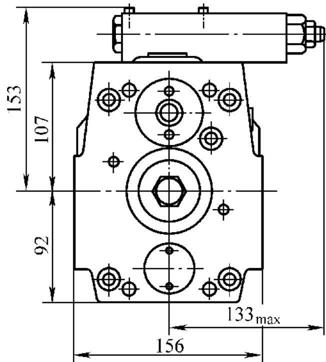


通轴转接件可按照下列连接尺寸供货：

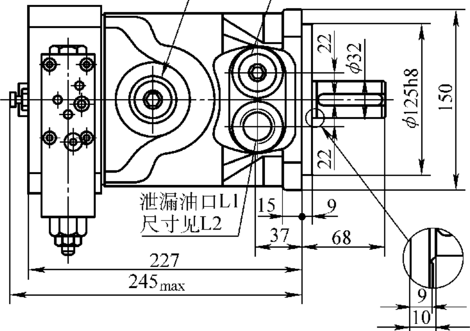
A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
63	10	85	—	M8	100	M8
80	10	103	—	M8	109	M10
100	10. 5	125	—	M10	不供货	不供货
50. 8	10	—	—	—	82	M8
82. 55	10	—	—	—	106	M10
101. 6	10. 5	—	89. 8	M10	不供货	不供货

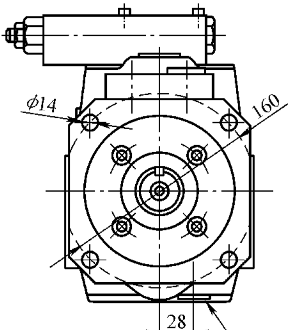
当螺纹型式为 3 和 7 时，尺寸 *E* 和 *G* 用 UNC-28 螺纹。

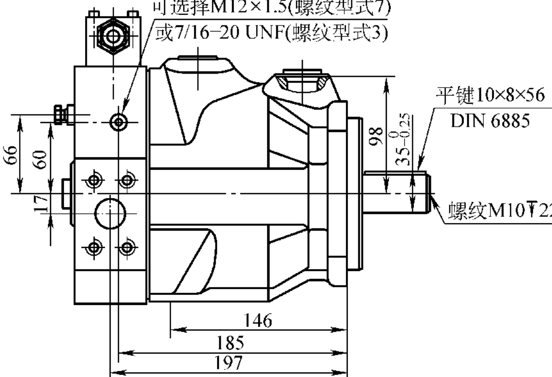
PV32/40/46-A*-**-M-**



X 表示的是带标准的压力调节器

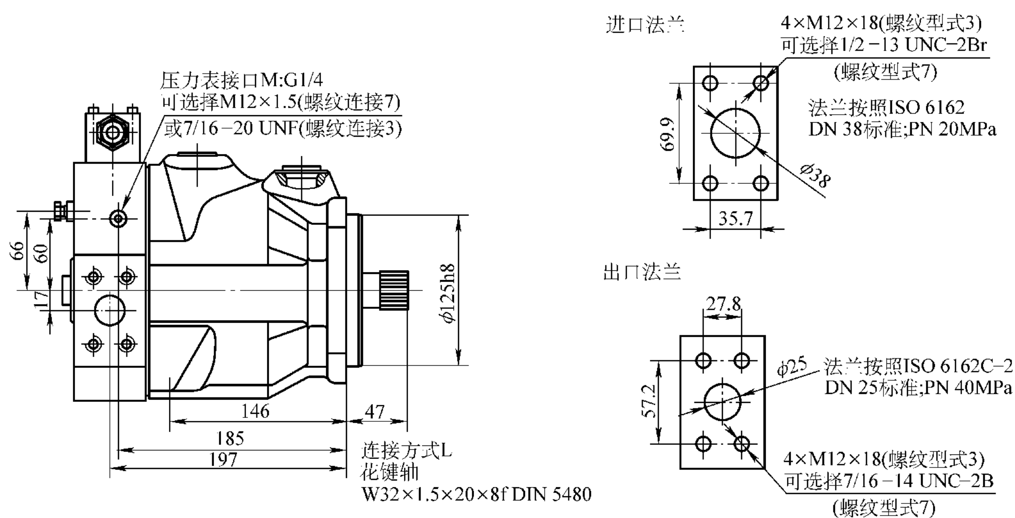




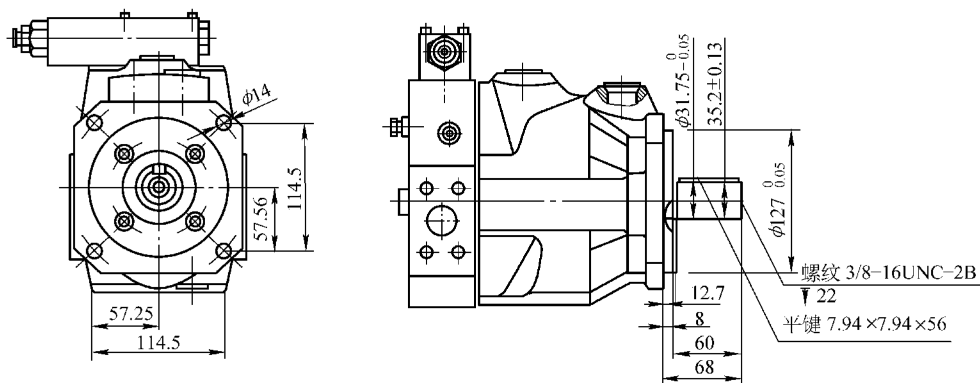


（续）

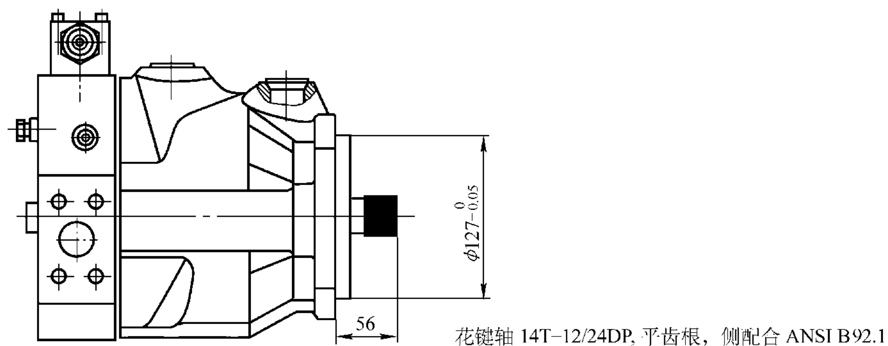
PV32/40/46-A*-**-K-**



PV32/40/46-A*-**-N-**



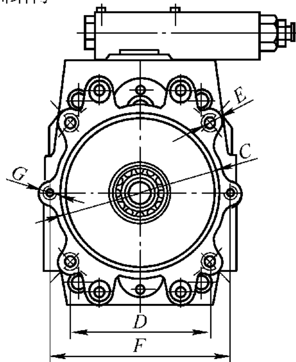
PV32/40/46-A*-**-D-**

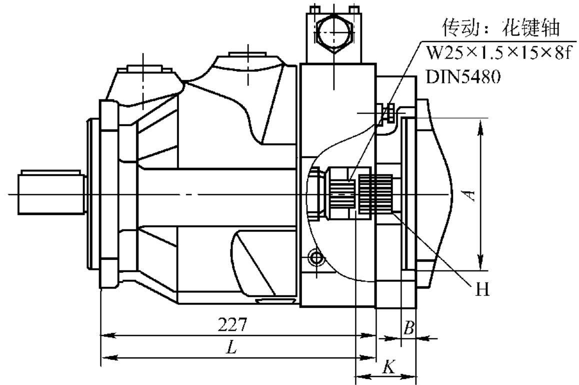


花键轴 14T-12/24DP, 平齿根，侧配合 ANSI B92.1

（续）

通轴结构

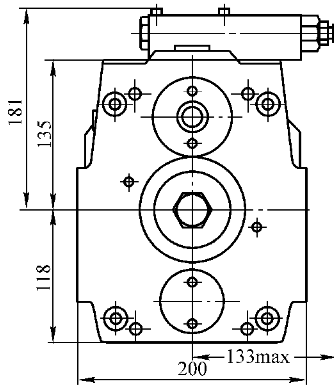


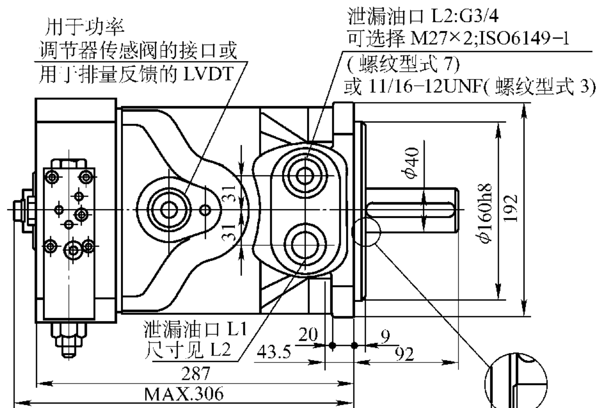


通轴转接件可按照下列连接尺寸供货：								
A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*K*	*L*
63	8.5	85	—	M8	100	M8	49	261
80	8.5	103	—	M8	109	M10	49	261
100	10.5	125	—	M10	140	M12	49	261
125	12	160	—	M12	不供货	不供货	49	261
82.55	8	—	—	—	106	M10	49	261
101.6	11	—	89.8	M10	146	M12	49	261
127	13.5	—	114.5	M12	不供货	不供货	64	276

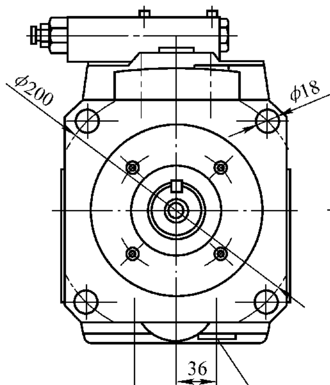
当螺纹型式为3，尺寸 *E* 和 *G* 用 UNC-28 螺纹。

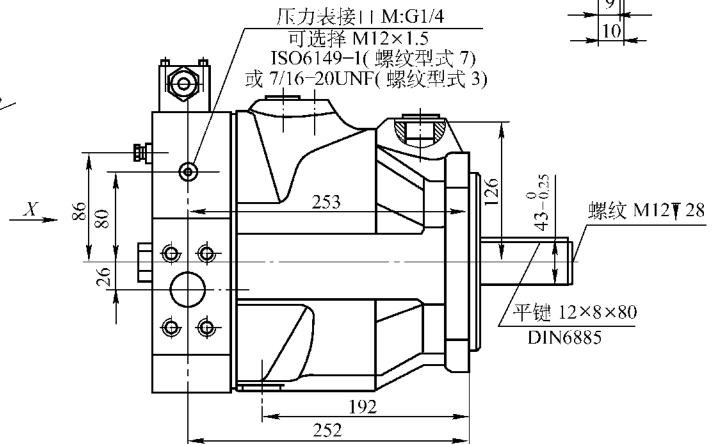
PV63/71/80/92-A*-**-M-**





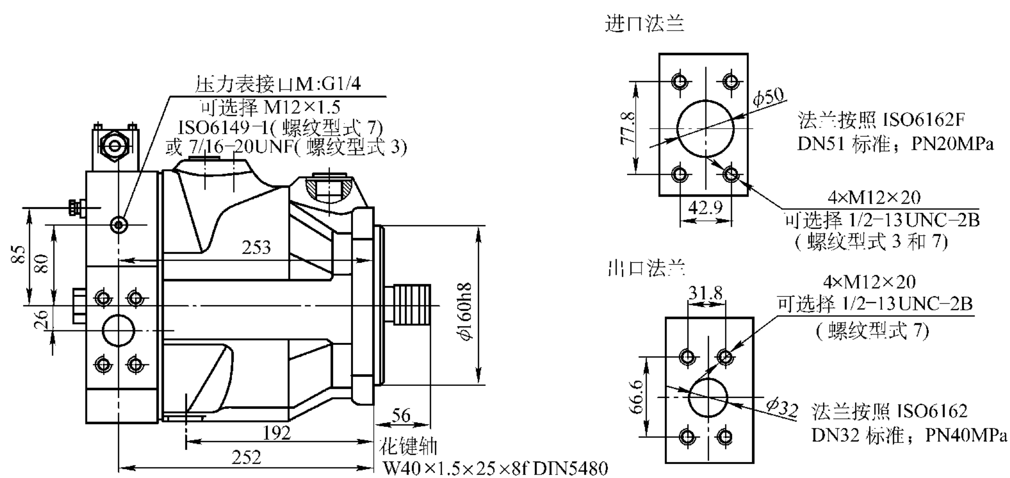
X 表示的是带标准的压力调节器



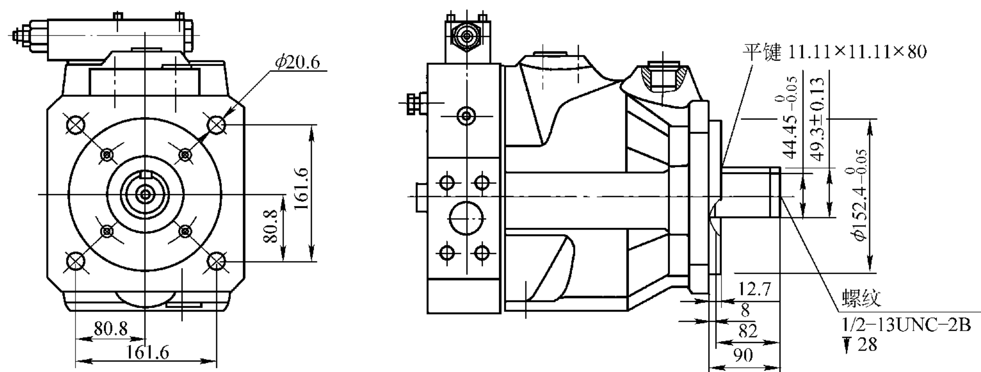


（续）

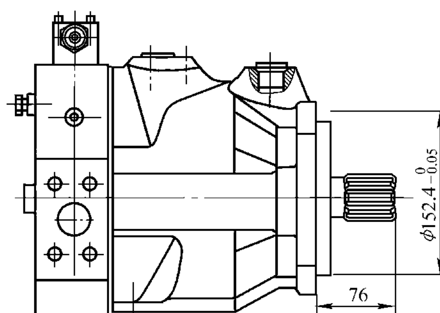
PV63/71/80/92-A*-**-K-**



PV63/71/80/92-A*-**-N-**



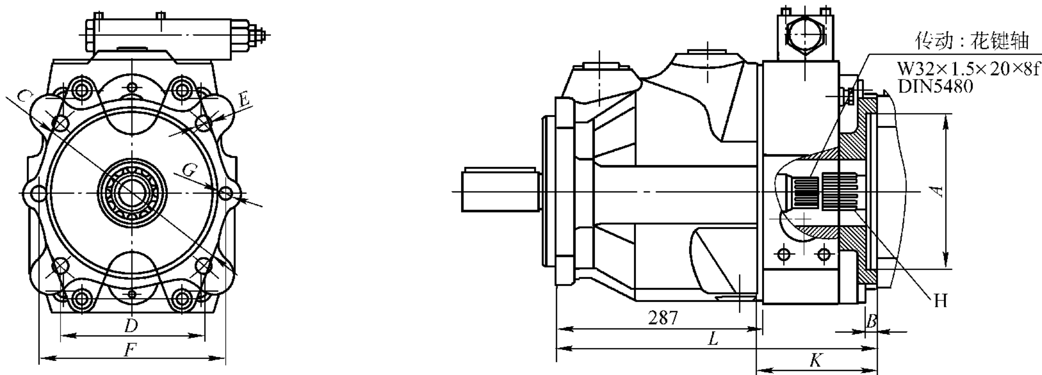
PV63/71/80/92-A*-**-D-**



花键轴 13T-8/16DP, 平齿根，侧配合 ANSI B92.1

（续）

通轴结构

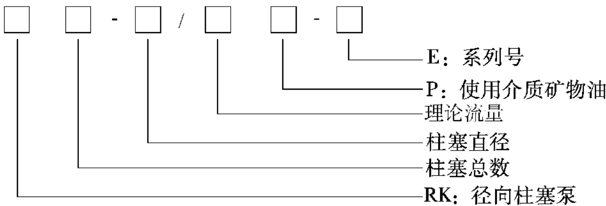


通轴转接件可按照下列连接尺寸供货：								
A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*K*	*L*
63	10	85	—	M8	100	M8	58	326
80	10	103	—	M8	109	M10	58	326
100	12	125	—	M10	140	M12	58	326
125	12	160	—	M12	180	M16	58	326
160	12	200	—	M16	不供货	不供货	58	326
82. 55	10	—	—	—	106	M10	58	326
101. 6	12	—	89. 8	M10	146	M12	58	326
127	14	—	114. 5	M12	181	M16	58	326
152. 4	14	—	161. 6	M16	不供货	不供货	78	346
当螺纹型式为 3 和 7 时，尺寸 *E* 和 *G* 用 UNC-2B 螺纹。								

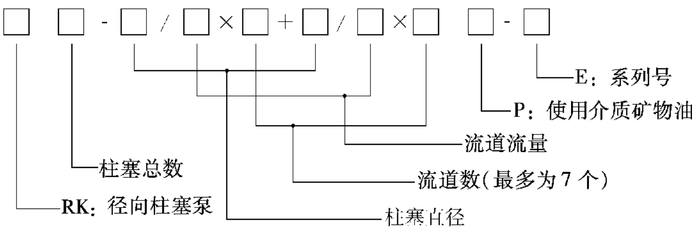
7.10　RK 型超高压径向柱塞泵

（1）型号说明

单排泵



双排泵



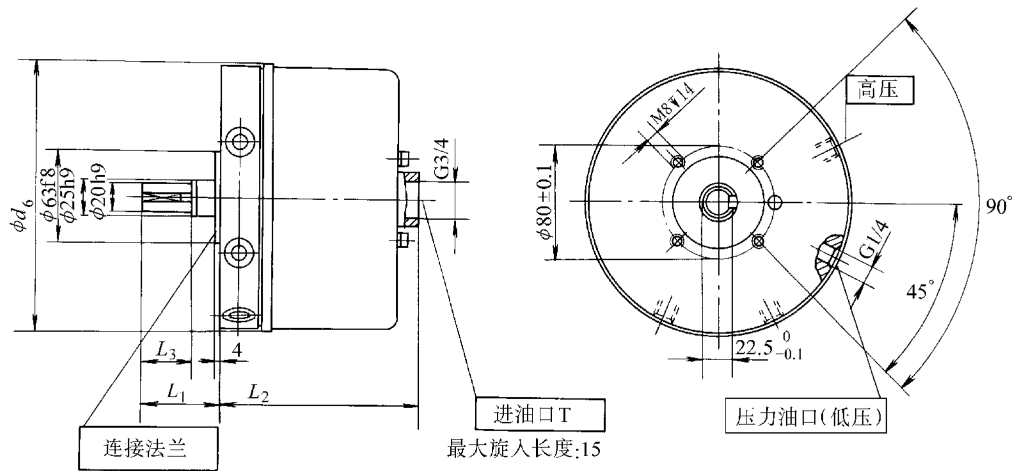
（2）技术规格(见表22.5-55)

表22.5-55 技术规格

额定工作压力/MPa		100 (80)	63	50
柱塞直径/mm		6.5	8.5	10
额定转速/$r \cdot min^{-1}$		1500		
型 式	柱 塞 数	理论流量/$mL \cdot r^{-1}$		
单排	1	0.37	0.64	0.89
	2	0.75	1.29	1.79
	3	1.13	1.93	2.68
	4	1.51	2.58	3.58
	5	1.89	3.22	4.47
	6	2.26	3.87	5.37
	7	2.64	4.51	6.26
双排	8	3.02	5.16	7.16
	10	3.78	6.46	8.95
	12	4.53	7.75	10.74
	14	5.29	9.04	12.53

（3）外形尺寸(见表22.5-56)

表22.5-56 RK型超高压径向柱塞泵外形尺寸 (mm)



型 式	d_6	L_1	L_2	L_3	连接键GB/T 1096
单 排	184	32	112	23	6×6×18
双 排	185	54	139	34	6×6×28

7.11 SB型手动泵

（1）技术规格(见表22.5-57)

表 22.5-57　技术规格

型　　号	排　　量 /(mL/次)	压　　力 /MPa	最高压力 /MPa	操作力 /N	容积效率 (%)	重　　量 /kg
SB-12.5	12.5	25	50	250	>95%	6.5
SB-16	16	16	25	250	>95%	7
SB-20	20	10	14	250	>93%	7.8
SB-30	30	6	8	280	>90%	10.5
SB-60	60	4	6	300	>88%	12

(2) 外形尺寸(见图 22.5-5)

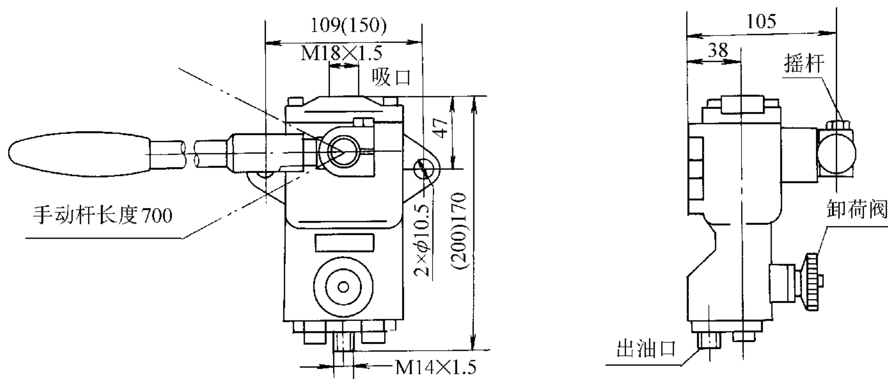


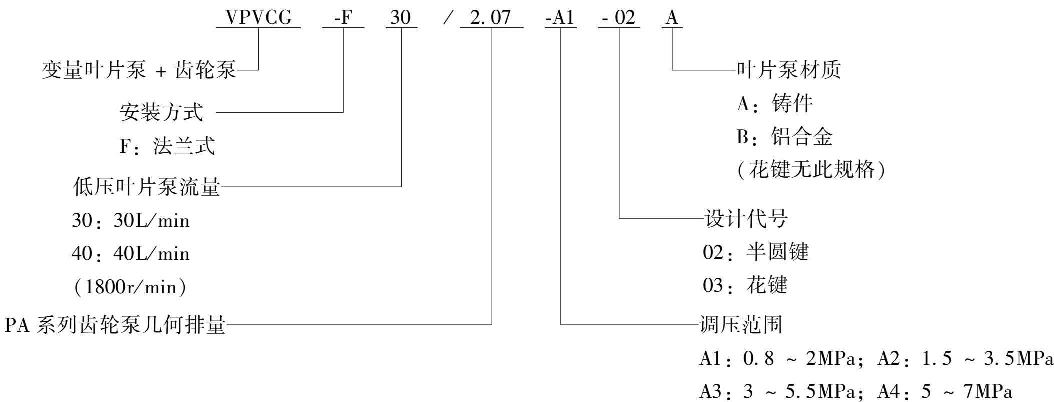
图 22.5-5　SB 型手动泵外形尺寸

注：括号中尺寸为 SB-30 型、SB-60 型外形尺寸。

8　多联泵产品

8.1　VPVCG 型多联泵(变量叶片泵+齿轮泵)

(1) 型号说明

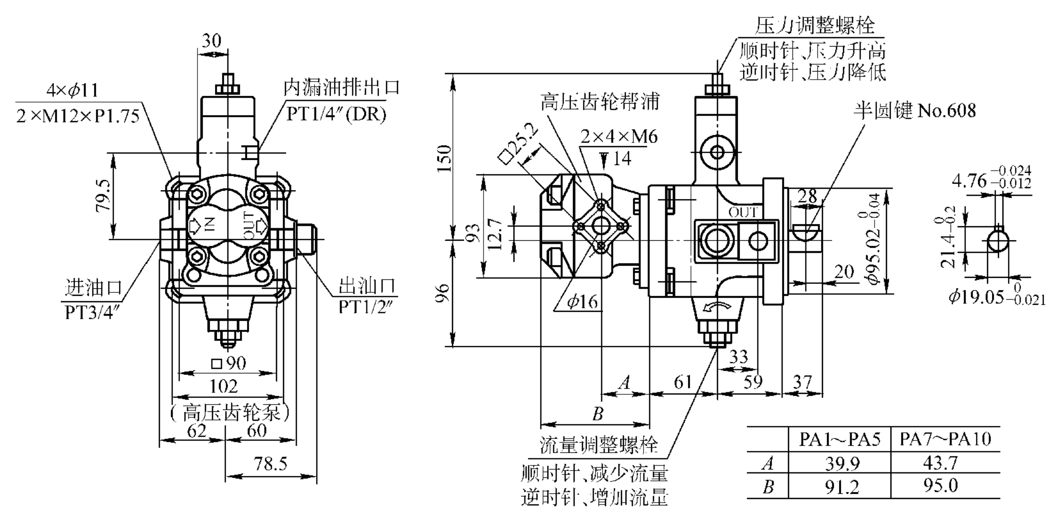


(2) 技术规格(见表 22.5-58)

表 22.5-58　技术规格

型　　号	低压叶片泵		高压齿轮泵		转速/r · min^{-1}	
	最高压力/MPa	流量/L · min^{-1}	最高压力/MPa	排量/mL · r^{-1}	最大	最小
VPVCG-F30/ ＊_＊	7	30	25	1.09	1800	800
				2.07		
				3.08		
				4.06		
VPVCG-F40/ ＊_＊		40		6.16		
				7.67		
				9.24		
				10.77		

（3）外形尺寸(见图 22.5-6)

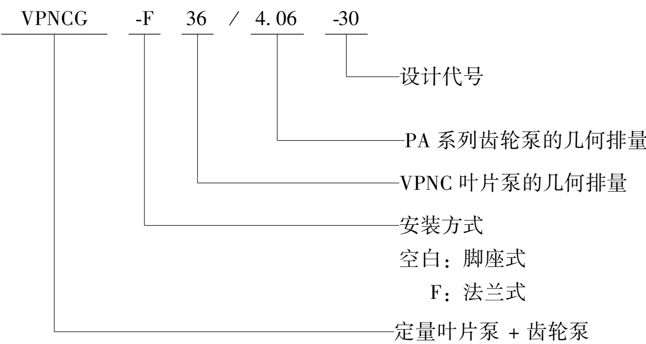


	PA1～PA5	PA7～PA10
A	39.9	43.7
B	91.2	95.0

图 22.5-6　VPVGN 型多联泵外形尺寸

8.2　VPNCG 型多联泵(定量叶片泵 + 齿轮泵)

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.5-59)

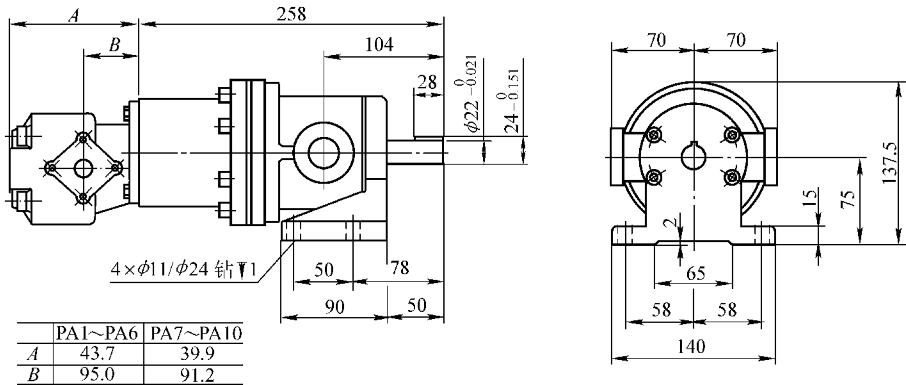
表 22.5-59　技术规格

型　号	低压叶片泵		高压齿轮泵		转速/r·min⁻¹	
	最高压力/MPa	排量/mL·r⁻¹	最高压力/MPa	排量/mL·r⁻¹	最大	最小
VPNCG-*12/**-30	10.5	12.0	25	1.09 2.07 3.08 4.06 6.16 7.67 9.24 10.77	1800	950
VPNCG-*14/**-30		14.6				
VPNCG-*17/**-30		17.0				
VPNCG-*19/**-30		19.2				
VPNCG-*21/**-30		21.1				
VPNCG-*23/**-30		23.0				
VPNCG-*26/**-30		26.2				
VPNCG-*30/**-30		30.1				
VPNCG-*36/**-30	7	36.2			1500	
VPNCG-*40/**-30		41.5			1200	
VPNCG-*43/**-30		43.1				

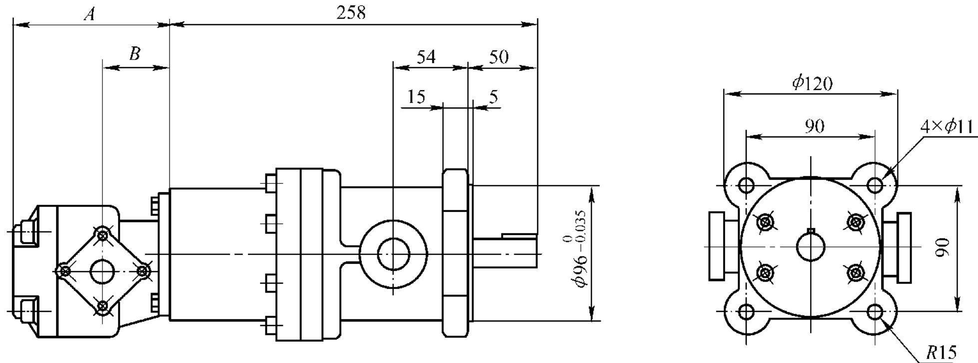
（3）外形尺寸(见表 22.5-60)

表 22.5-60　VPNCG 型多联泵外形尺寸

VPNCG-**/**-30

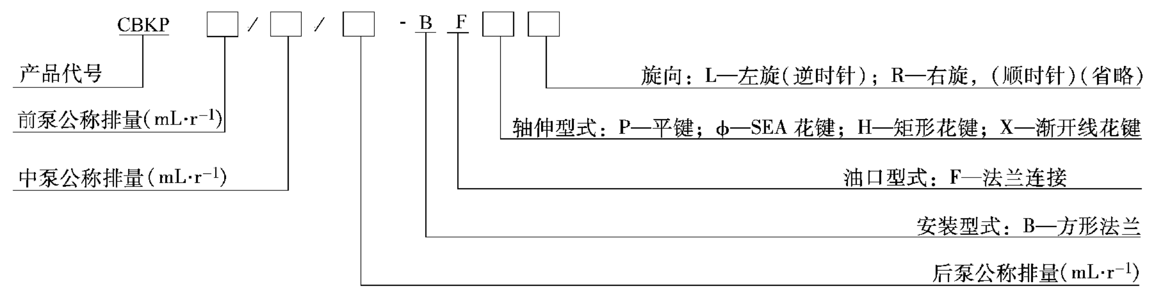


VPNCG-F*/4.3-30



8.3　CBKP 型三联齿轮泵

（1）型号说明



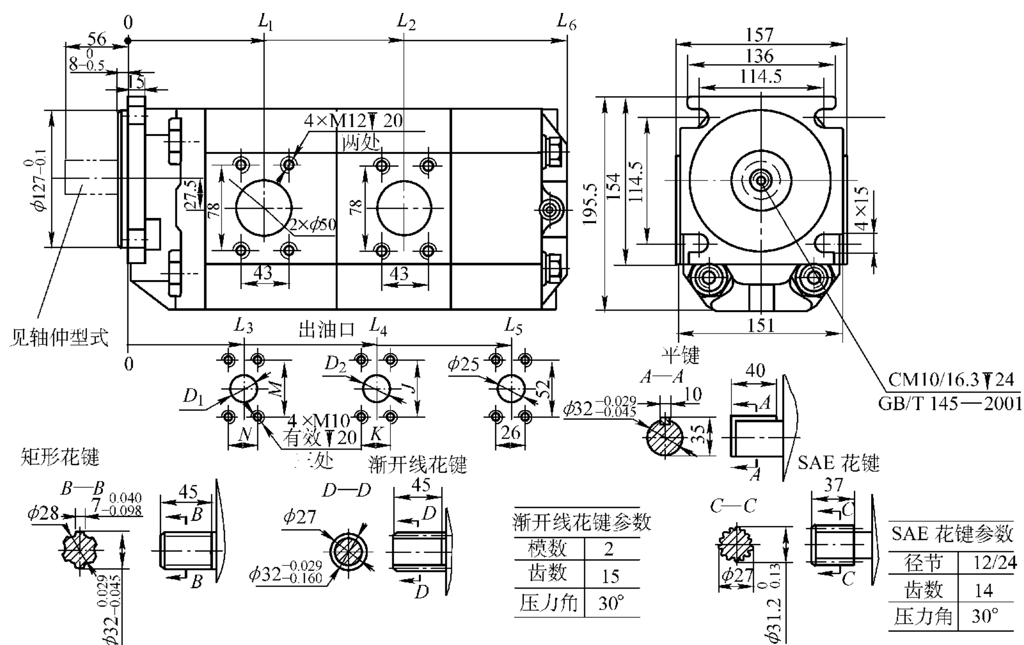
（2）技术规格(见表25.6-61)

表25.5-61　技术规格

型　号	公称排量 /mL·r^{-1}	压力/MPa		转速/r·min^{-1}			容积效率 (%)	重量 /kg
		额定	最高	最低	额定	最高		
CBKP50/50/40-BF※※	50/50/40	20	25	500	2000	2500	≥90	32.7
CBKP63/40/32-BF※※	63/40/32							32.3
CBKP63/50/32-BF※※	63/50/32							33
CBKP63/63/32-BF※※	63/63/32							34
CBKP63/63/40-BF※※	63/63/40							34.5
CBKP80/50/32-BF※※	80/50/32							34.5
CBKP80/50/50-BF※※	80/50/50							34.9
CBKP80/63/32-BF※※	80/63/32							35.1
CBKP80/63/40-BF※※	80/63/40							35.8
CBKP80/80/32-BF※※	80/80/32							37.2
CBKP80/80/40-BF※※	80/80/40							37.7
CBKP100/63/40-BF※※	100/63/40							37.4
CBKP100/63/50-BF※※	100/63/50							38.2
CBKP100/80/32-BF※※	100/80/32							38.5
CBKP100/80/40-BF※※	100/80/40							39
CBKP100/80/63-BF※※	100/80/63							41.5

（3）外形尺寸(见表22.6-62)

表 22.6-62　CBKP 型三联泵外形尺寸　（mm）



<table>
<tr><th rowspan="2">型　号</th><th colspan="2">进　油　口</th><th colspan="7">出　油　口</th><th rowspan="2">L_6</th></tr>
<tr><th>L_1</th><th>L_2</th><th>L_3</th><th>L_4</th><th>L_5</th><th>D_1</th><th>$M \times N$</th><th>D_2</th><th>$J \times K$</th></tr>
<tr><td>CBKP50/50/40-BF※※</td><td>119</td><td>239.5</td><td>100</td><td>220.5</td><td>345</td><td rowspan="5">φ25</td><td rowspan="5">52×26</td><td rowspan="9">φ25</td><td rowspan="9">52×26</td><td>404.5</td></tr>
<tr><td>CBKP63/40/32-BF※※</td><td rowspan="4">125</td><td>241</td><td rowspan="4">106</td><td>224</td><td>346</td><td>401.5</td></tr>
<tr><td>CBKP63/50/32-BF※※</td><td>245</td><td>226</td><td>350.5</td><td>406.5</td></tr>
<tr><td>CBKP63/63/32-BF※※</td><td rowspan="2">251</td><td rowspan="2">232</td><td rowspan="2">356</td><td>412</td></tr>
<tr><td>CBKP63/63/40-BF※※</td><td>415.5</td></tr>
<tr><td>CBKP80/50/32-BF※※</td><td rowspan="11">128</td><td rowspan="2">254</td><td rowspan="6">110</td><td rowspan="2">235</td><td rowspan="2">359.5</td><td rowspan="11">φ32</td><td rowspan="11">60×30</td><td>415.5</td></tr>
<tr><td>CBKP80/50/50-BF※※</td><td>424</td></tr>
<tr><td>CBKP80/63/32-BF※※</td><td rowspan="2">260</td><td rowspan="2">241</td><td rowspan="2">365</td><td>421</td></tr>
<tr><td>CBKP80/63/40-BF※※</td><td>424.5</td></tr>
<tr><td>CBKP80/80/32-BF※※</td><td rowspan="2">263</td><td rowspan="2">245</td><td rowspan="4">374</td><td rowspan="2">φ32</td><td rowspan="2">60×30</td><td>430</td></tr>
<tr><td>CBKP80/80/40-BF※※</td><td>433.5</td></tr>
<tr><td>CBKP100/63/40-BF※※</td><td rowspan="2">269</td><td rowspan="5">120</td><td rowspan="2">250</td><td rowspan="2">φ25</td><td rowspan="2">52×26</td><td>434.5</td></tr>
<tr><td>CBKP100/63/50-BF※※</td><td>439.5</td></tr>
<tr><td>CBKP100/80/32-BF※※</td><td rowspan="3">272</td><td rowspan="3">254</td><td rowspan="3">383</td><td rowspan="3">φ32</td><td rowspan="3">60×30</td><td>440</td></tr>
<tr><td>CBKP100/80/40-BF※※</td><td>443.5</td></tr>
<tr><td>CBKP100/80/63-BF※※</td><td>454</td></tr>
</table>

第 6 章　液压执行元件

液压马达、液压缸是将液压能转换为机械能的能量转换装置。液压马达、液压缸在液压系统中作为执行元件来使用。

1　液压马达

1.1　液压马达的分类(见图 22.6-1)

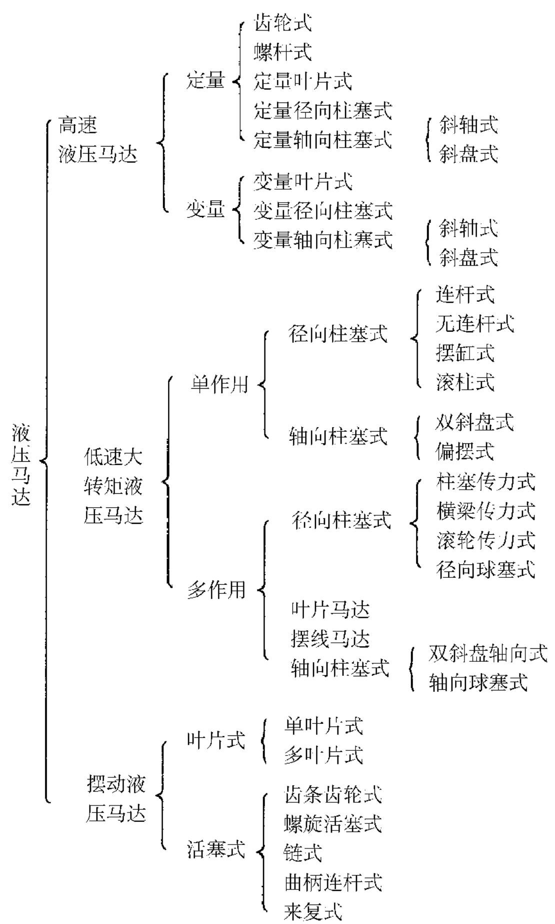


图 22.6-1　液压马达的分类

1.2　液压马达的主要技术参数和计算公式

1.2.1　液压马达的主要技术参数

1）排量($mL \cdot r^{-1}$)　马达轴每旋转一转所需输入的液体体积。

2）额定压力(MPa)　在额定转速范围内连续运转，能达到设计寿命的最高输入压力。

3）最高压力(MPa)　允许短暂运行的最高压力。

4）背压(MPa)　指液压马达运转时出油口侧的压力。能保证马达稳定运转时最低出油口侧的压力称为最低背压。

5）额定转速($r \cdot min^{-1}$)　在额定压力、规定背压条件下，能够连续运转并能达到设计寿命的最高转速。

6）最低转速($r \cdot min^{-1}$)　即在额定压力下能稳定运转的最低转速。

7）额定转矩(N·m)　在额定压力作用下液压马达输出的转矩。

8）最大转矩(N·m)　允许短暂运行的最高压力输入马达后所产生的转矩。

9）功率(kW)　液压马达输出轴上输出的机械功率。

10）容积效率(%)　液压马达理论流量与实际流量的比值。

11）总效率(%)　液压马达的输出功率与输入功率的比值。

1.2.2　液压马达主要参数的计算公式(见表 22.6-1)

表 22.6-1　液压马达主要参数计算公式

参数名称	单位	计算公式	符 号 说 明
流量	$L \cdot min^{-1}$	$q_0 = Vn \times 10^{-3}$ $q = \dfrac{Vn}{\eta_v} \times 10^{-3}$	V—排量($mL \cdot r^{-1}$) n—转速($r \cdot min^{-1}$) q_0—理论流量($L \cdot min^{-1}$) q—实际流量($L \cdot min^{-1}$)
输出转矩	N·m	$T = \dfrac{\Delta pV}{6.28}\eta_m$	T—输出转矩(N·m)
功率	kW	$P_0 = \dfrac{\Delta pq}{61.2}\eta_t$ $P_i = \dfrac{\Delta pq}{61.2}$	Δp—入口压力和出口压力之差(MPa) P_0—输出功率(kW) P_i—输入功率(kW)
容积效率	%	$\eta_V = \dfrac{q_0}{q} \times 100$	η_V—容积效率(%)
机械效率	%	$\eta_m = \dfrac{\eta_t}{\eta_V} \times 100$	η_m—机械效率(%)
总效率	%	$\eta_t = \dfrac{P_0}{P_i} \times 100$	η_t—总效率(%)

1.3　液压马达主要技术参数概览(见表22.6-2)

表22.6-2　液压马达主要技术参数概览

类型	型号	额定压力/MPa	转速/r·min^{-1}	排量/mL·r^{-1}	输出转矩/N·m	生产厂家
齿轮马达	BM-E	11.5～14	125～320	312～797	630～1260	上海飞机液压件有限公司
	BM※	10	125～400	80～600	100～750	南京液压件三厂
	BYM	12	180～300	80～320	105～420	镇江液压件厂
	CM4	20	150～2000	40～63	115～180	天津机械厂
	CMG	16	500～2500	40.6～161.1	101.0～402.1	长江液压件厂
	CMG4	16	150～2000	40～100	94～228	阜新液压件厂
	CMZ	12.5～20	150～2000	32.1～100	102～256	济南液压泵厂
	GM5	16～21	550～4000	5.1～25	16.5～63.7	天津天机液压机械有限公司
叶片马达	M系列	15.5	100～4000	31.5～317.1	77.5～883.7	大连液压工业有限责任公司
	M2系列	5.5	50～2200	23.9；35.9	16.2～24.5	大连液压工业有限责任公司
	YM	6	100～2000	16.3～93.5	11～72	榆次液压件厂
	YM-F-E	16	200～1200	100～200	215～490	阜新液压件厂
柱塞马达	1JMD	16	10～400	201～6140	47～1430	太原矿山机器厂
	1JM-F	20	100～500	200～4000	68.6～16010	太原矿山机器厂
	EPM	14～22.5	150～1515	49.5～396	79～590	台湾湧镇液压
	GFD	21	1000～3000	6～30	—	
	HTM	25～31.5	420～600	280	1001～1262	沈阳液压件制造有限公司
	JM	10～16	5～1250	63～6300	42～18713	昆山液压件厂
	NJM	20～25	12～100	700～4500	2500～18030	沈阳液压件制造有限公司
	PJM	16～25	2～600	63～360	63～5763	
	QJM	10～20	1～800	100～16000	215～42183	宁波中意液压马达有限公司
	SXM	16～20	5～300	250～1600	740～5770	沈阳工程机械厂
	XM	10～25	80～600	40～3150	90～11269	沈阳液压件制造有限公司
摆动马达	BMR	17.5	5～830	34～389	60～360	宁波中意液压马达有限公司
	BM3	17.5～20	5～810	80.5～389	175～415	
	YMD	14	0°～270°	30～7000	71～20000	无锡江宁机械厂
	YMS	14	0°～90°	60～7000	142～20000	温州鹿城长征液压机械厂 温州市低噪声液压泵厂

1.4　液压马达的选择

选择液压马达时需考虑的因素较多，如：转矩、转速、工作压力、排量、外形及连接尺寸、容积效率、总效率等。

液压马达的种类较多，可针对不同的工况，选择合适的液压马达。表22.6-3为各类液压马达适用工况与应用范围。

低速运转工况可选低转速马达，也可以采用高速马达加减速机装置。在两种方案的选择上，应根据结构及

空间情况、设备成本、驱动转矩是否合理等进行选择。确定所采用马达的种类后，可根据液压马达产品的技术参数概览表选出几种规格，然后进行综合分析，分析中应优先考虑既满足转矩要求又使系统流量较小，压力较低，降低制造成本。其次对同类产品应选择总效率高的，压降低的，最终选择一个较合适的产品。

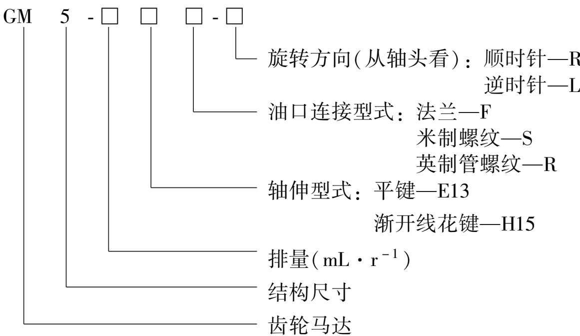
表 22.6-3　各种液压马达的适用工况与应用范围

马达类型	适用工况	应用范围
齿轮马达	结构简单，制造容易，但转速脉动性较大，齿轮马达负载转矩不大，速度平稳性要求不高，噪声限制不严，适用于高转速低转矩情况下	钻床，通风设备
叶片马达	结构紧凑，外形尺寸小，运动平稳，噪声小，负载转矩较小	磨床回转工作台，机床操纵机构
摆线马达	负载速度中等，体积要求小	塑料机械、煤矿机械、挖掘机
轴向柱塞马达	结构紧凑，径向尺寸小，转动惯量小，转速较高负载大，有变速要求，负载转矩较小，低速平稳性要求高	起重机、铰车、铲车、内燃机车、数控机床行走机械
径向柱塞马达	负载转矩较大，速度中等，径向尺寸大	塑料机械，行走机械等
内曲线径向马达	负载转矩很大，转速低，平稳性高的场合	挖掘机、拖拉机、起重机、采煤机等

1.5　齿轮马达产品

1.5.1　GM5 型齿轮马达

（1）型号说明



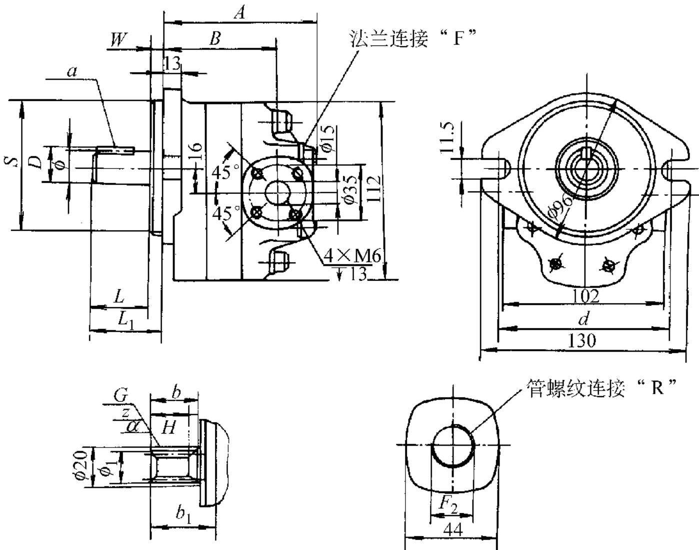
（2）技术规格(见表 22.6-4)

表 22.6-4　技术规格

型号	排量 /mL·r⁻¹	压力 /MPa	转速 /r·min⁻¹ 额定	转速 /r·min⁻¹ 最低	输出转矩 /N·m	重量 /kg	型号	排量 /mL·r⁻¹	压力 /MPa	转速 /r·min⁻¹ 额定	转速 /r·min⁻¹ 最低	输出转矩 /N·m	重量 /kg
CM5-5	5.1	20	4000	900	16.5	1.9	GM5-12	12.6	21	3600	550	42.1	2.3
CM5-6	6.4	21		700	21.4	2.0	GM5-16	15.9		3300		53.2	2.4
GM5-8	8.1				27.1	2.1	GM5-20	19.9	20	3100	500	63.4	2.5
GM5-10	10			600	33.4	2.2	GM5-25	25	16	2800		63.7	2.7

（3）外形尺寸(见表 22.6-5)

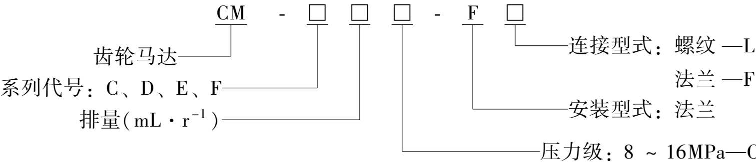
表 22.6-5 GM5 型齿轮马达外形尺寸 （mm）



型号	A	B	S	d	D	φ	$φ_1$	L	L_1	a	H	b	b_1	G	z	α	W	F_2
GM5-5	84	59	80	109	22.5	20	15.4	36	44	A6×32	18	36	44	m:1.5	12	30°	7	M22×1.5
GM5-6	86	61																
GM5-8	88.5	63.5																
GM5-10	91.5	66.5																
GM5-12	95.5	70.5																
GM5-16	100.5	75.5																
GM5-20	106.5	81.5																
GM5-25	114.5	89.5																

1.5.2 CM 型齿轮马达

（1）型号说明



(2)技术规格(见表 22.6-6)

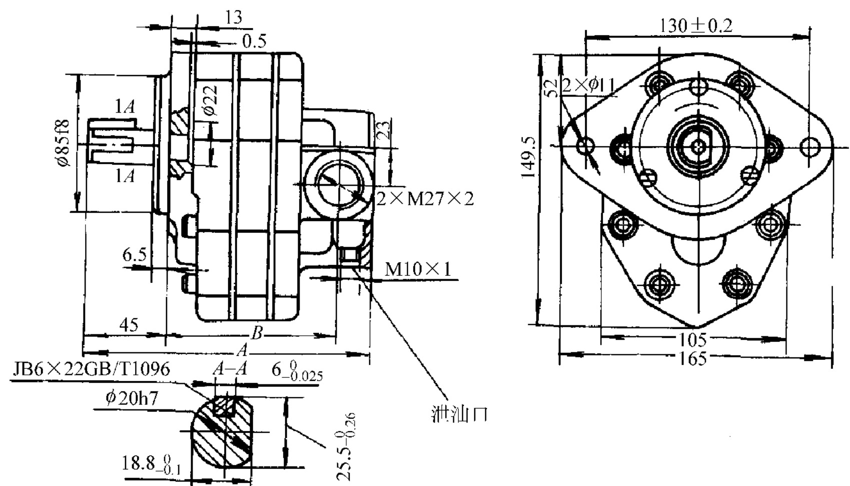
表 22.6-6 技术规格

型号	排量/mL·r⁻¹	压力/MPa 额定	压力/MPa 最高	转速/r·min⁻¹ 额定	转速/r·min⁻¹ 最高	转矩(10MPa时)/N·m	型号	排量/mL·r⁻¹	压力/MPa 额定	压力/MPa 最高	转速/r·min⁻¹ 额定	转速/r·min⁻¹ 最高	转矩(10MPa时)/N·m
CM-C10C	10.9	10	14	1800	2400	17.4	CM-E105C	105.5	10	14	1800	2400	167.5
CM-C18C	18.2					29	CM-E140C	141.6					225
CM-C25C	25.5					40.5	CM-E175C	177.7					282.5
CM-C32C	32.8					52.1	CM-E210C	213.8					339
CM-D32C	33.6					53.5	CM-F10C	11.3	14	17.5			17.9
CM-D45C	46.1					73.4	CM-F18C	18.3					29.2
CM-D57C	58.4					92.9	CM-F25C	25.4					40.4
CM-D70C	70.8					112.7	CM-F32C	32.4					51.6
CM-E70C	69.4					110.2	CM-F40C	39.5					63

（3）外形尺寸(见表 22.6-7)

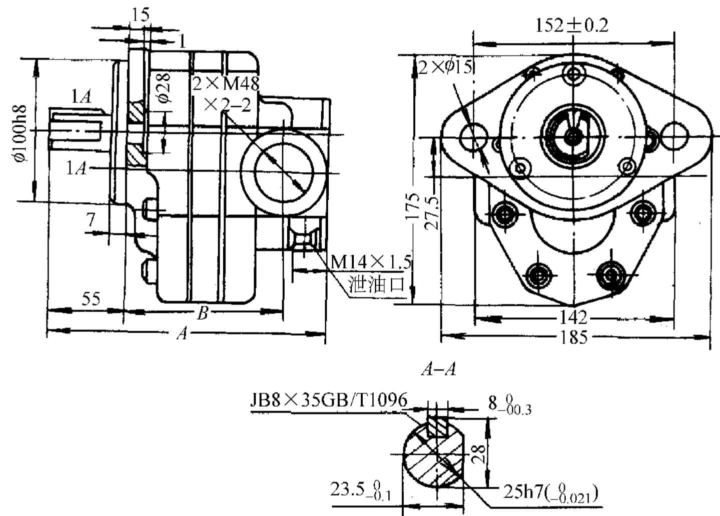
表 22.6-7　CM 型齿轮马达外形尺寸　（mm）

CM-C10C～C32C



尺寸＼型号	CM-C10C	CM-C18C	CM-C25C	CM-C32C
A	156.5	161.5	166.5	171.5
B	90.5	95.5	100.5	105.5

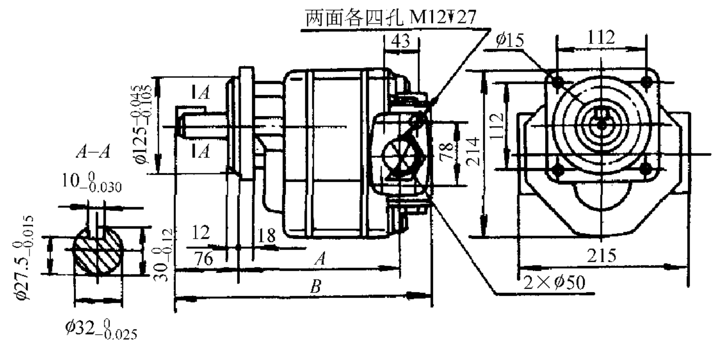
CM-D32C～D70C



尺寸＼型号	CM-D32C	CM-D45C	CM-D57C	CM-D70C
A	209	216	223	230
B	121	128	135	142

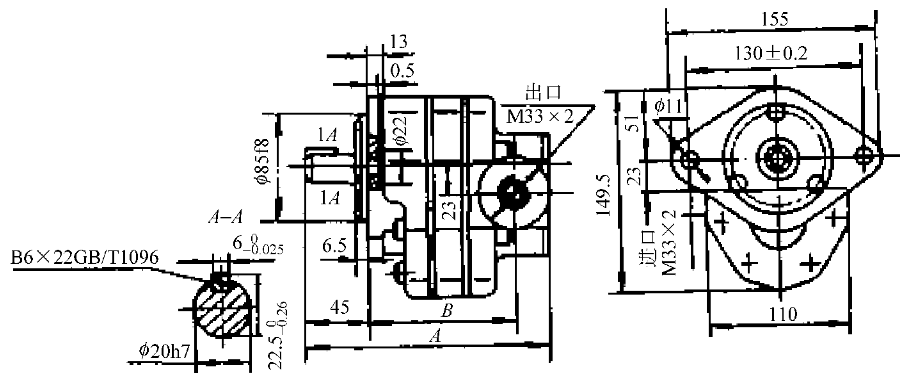
（续）

CM-E70C ~ E210C



尺寸 \ 型号	CM-E70C	CM-E105C	CM-E140C	CM-E175C	CM-E210C
A	164.4	177.4	190.4	203.4	216.4
B	280.7	293.7	306.7	319.7	332.7

CM-F10C ~ F40C



尺寸 \ 型号	CM-F10C	CM-F18C	CM-F25C	CM-F32C	CM-F40C
A	159	164	169	174	179
B	89	94	99	104	109

1.5.3　BYM 型齿轮马达

（1）BYM 型齿轮马达型号和技术规格(见表 22.6-8)

表 22.6-8　技术规格

型号 \ 参数	排量 /mL·r^{-1}	转速 /r·min^{-1}	最大工作压力 /MPa	最大转矩 /N·m	重量 /kg	外形尺寸 L/mm×W/mm×h/mm
BYM-80	80	10 ~ 400	12	105	6.2	182×130×102
BYM-160	160	10 ~ 320	12	210	7.8	192×130×102

（续）

参数 型号	排量 /mL·r⁻¹	转速 /r·min⁻¹	最大工作压力 /MPa	最大转矩 /N·m	重量 /kg	外形尺寸 L/mm×W/mm×h/mm
BYM-250	250	10～250	12	320	8.4	202×130×102
BYM-320	320	10～200	12	420	9.0	212×130×102

注：由于目前各主要摆线马达生产厂的型号编制尚未统一，故略去型号编制说明。

（2）外形尺寸(见图22.6-2)

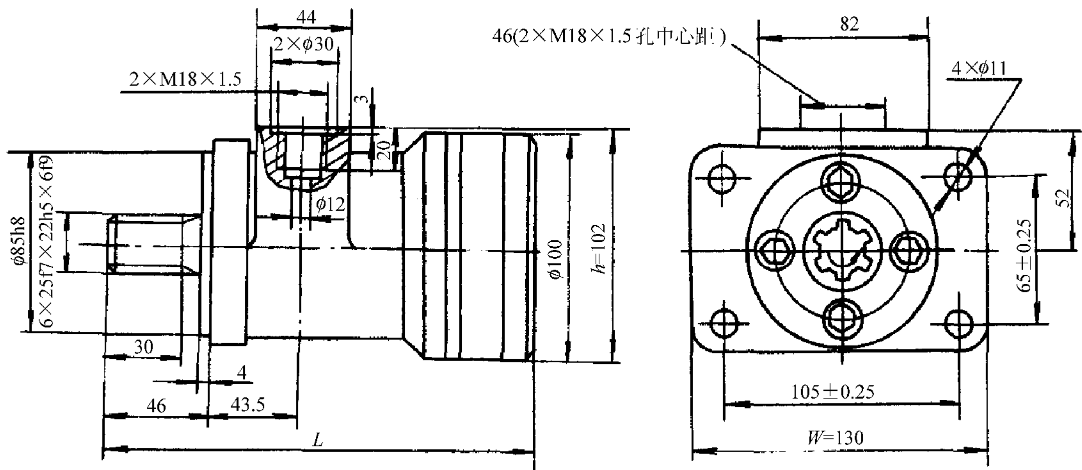


图22.6-2　BYM型齿轮马达外形尺寸

1.5.4　BM型齿轮马达

（1）BM型齿轮马达技术规格(见表22.6-9)

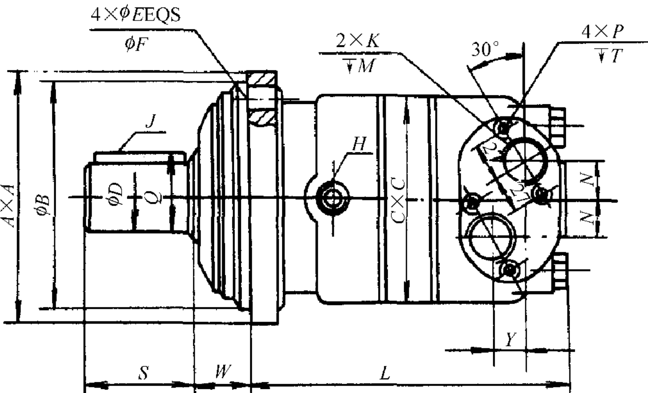
表22.6-9　技术规格

参数 型号		排量 /mL·r⁻¹	额定转矩 /N·m	额定压差 /MPa	额定转速 /r·min⁻¹	额定流量 /L·min⁻¹	额定输出 功率/kW	重量 /kg	长度 L/mm
BM-D	BM-D160	158.7	320	14	500	80	15	21	210
	BM-D200	200.8	400	14	400	80	15	21	214
	BM-D250	252.2	500	14	320	80	15	22	220
	BM-D320	317.4	630	14	250	80	15	23	227
BM-E	BM-E315	312	630	14	320	100	20	30	215
	BM-E400	398	800	14	250	100	20	31	222
	BM-E500	496	1000	14	200	100	20	32	230
	BM-E630	625	1260	14	160	100	20	33	240
	BM-E800	797	1280	11.5	125	100	20	35	254
BM-F	BM-F800	795	1420	12.5	200	160	26	54	276
	BM-F1000	997	1780	12.5	160	160	26	56	286
	BM-F1250	1249	2230	12.5	130	160	26	58	297

注：本系列摆线齿轮马达背压不得大于7.0MPa。

（2）外形尺寸(见表 22.6-10)

表 22.6-10　BM 型摆线齿轮马达的外形尺寸　　（mm）



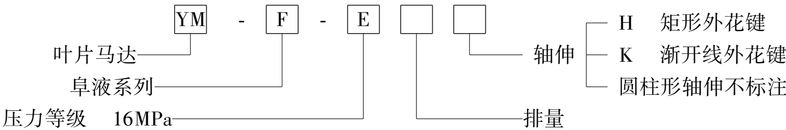
型号 \ 尺寸	A	B	C	D	E	F	H	J	K	L
BM-D	140	125	125	40	15	160	G1/4	12×50	G3/4	≈180
BM-E	178	160	145	50	18	200	G1/2	14×70	G1	≈240
BM-F	220	200	175	63	22	250	G3/8	18×80	G1¼	≈300

型号 \ 尺寸	M	N	P	Q	S	T	W	Y	花键
BM-D	—	22	—	43	60	—	15	20	m2.25、z16、α30°
BM-E	18	25	M12	54	82	14	40	24	m2.5、z16、α30°
BM-F	25	28	—	—	105	—	35	28	m3、z16、α30°

1.6　叶片马达产品

1.6.1　YM-F-E 型叶片马达

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.6-11)

表 22.6-11　技术规格

型号	排量 /mL·r^{-1}	压力/MPa 额定	压力/MPa 最高	转速/r·min^{-1} 最低	转速/r·min^{-1} 最高	额定转矩 /N·m	容积效率 (%)	总效率 (%)
YM-F-E125	125	16	20	200	1200	284	88	78
YM-F-E160	160	16	20	200	1200	363	89	79
YM-F-E200	200	16	20	200	1200	461	90	80

（3）外形尺寸(见图 22.6-3)

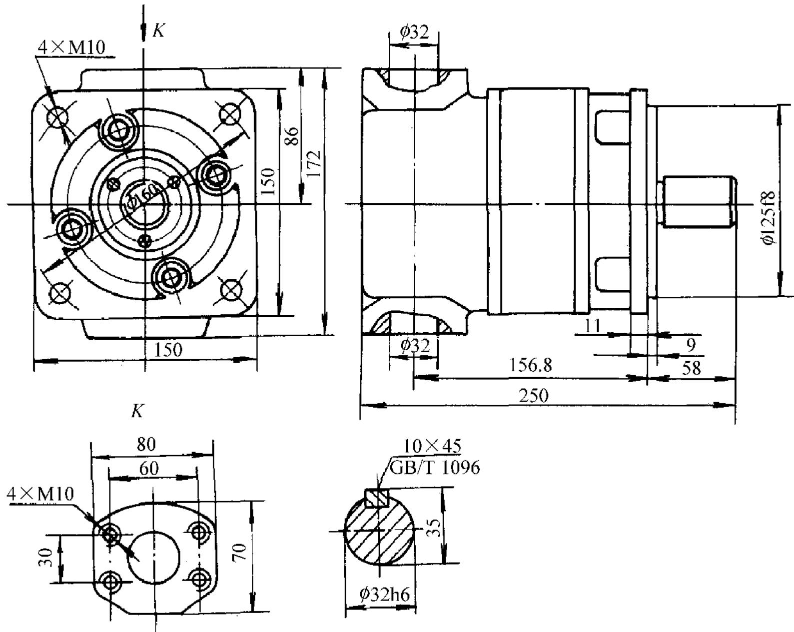
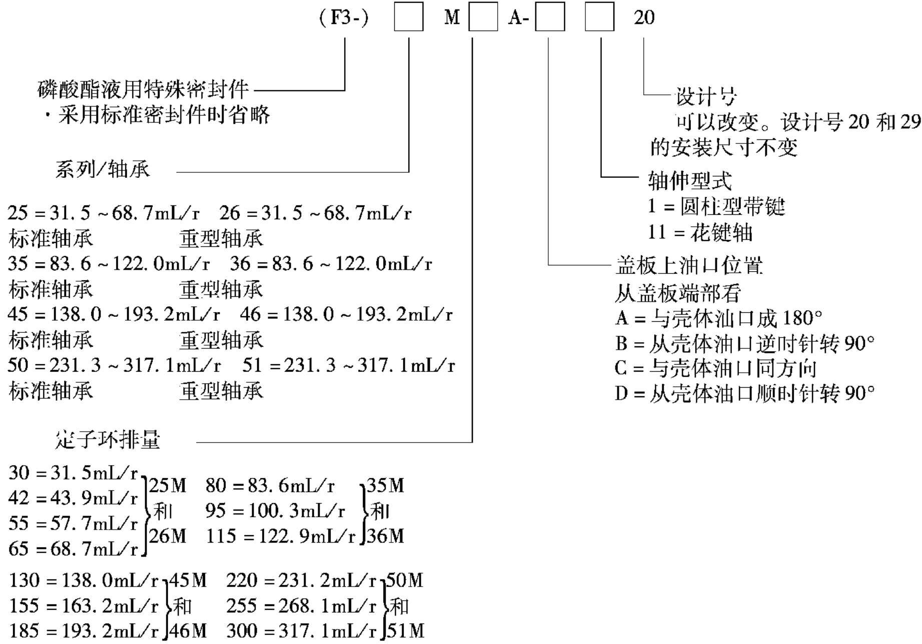


图 22.6-3　YM-F-E 型马达外形尺寸

1.6.2　M 型叶片马达

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.6-12)

表 22.6-12　技术规格

马达型号	排量 /mL·r⁻¹	转矩/N·m（每 MPa 时）
25M&26M30	31.5	5.00
25M&26M42	43.9	7.00
25M&26M55	57.7	9.20
25M&26M65	68.7	10.9
35M&36M80	83.6	13.3
35M&36M95	100.3	16.0
35M&36M115	121.9	19.4
45M&46M130	138.0	22.0
45M&46M155	163.2	26.0
45M&46M185	193.2	30.7
50M&51M220	231.2	36.8
50M&51M255	268.1	42.7
50M&51M300	317.1	50.5

马达型号	连续		间歇①	
	压力 /MPa 最大	转速 /r·min⁻¹ 最大	压力 /MPa 最大	转速 /r·min⁻¹ 最大
25M&26M 35M&36M 45M&46M	3.5	3600	3.5	4000
	7.0	3300	7.0	3800
	14.0	2800	14.0	3200
	15.5	2600	17.5	3000
50M&51M	3.5	2800	3.5	3200
	7.0	2650	7.0	3000
	10.5	2400	10.5	2800
	14.0	2250	14.0	2600
	15.5	2200	15.5	2400

① 间歇每分钟工作时间不超过6s。

（3）外形尺寸(见图22.6-4～图22.6-7)

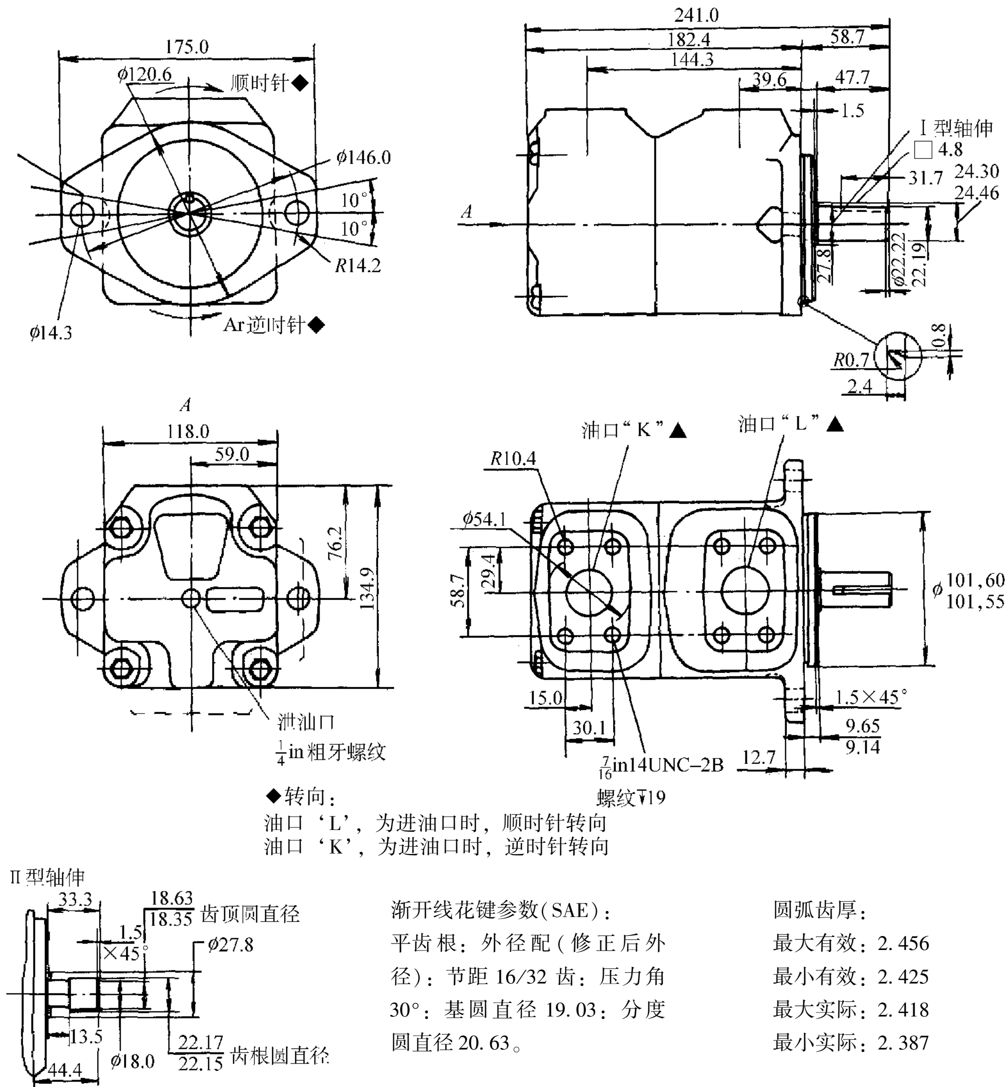
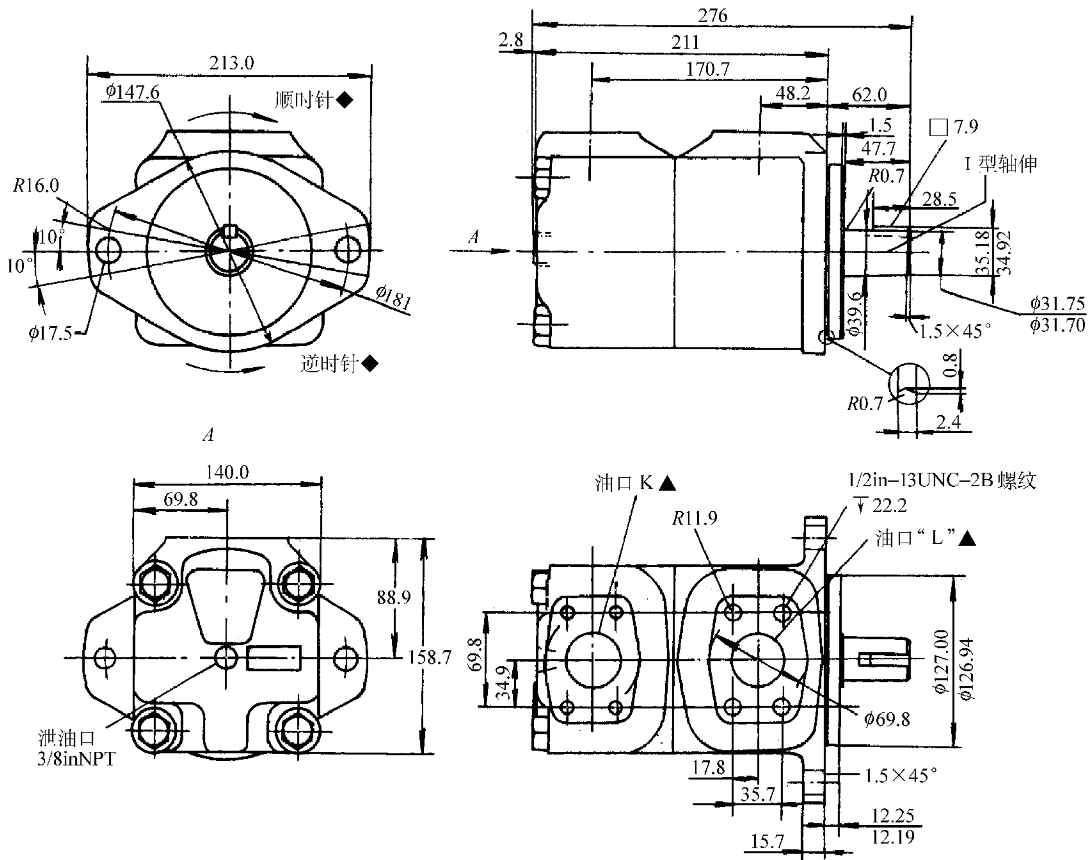
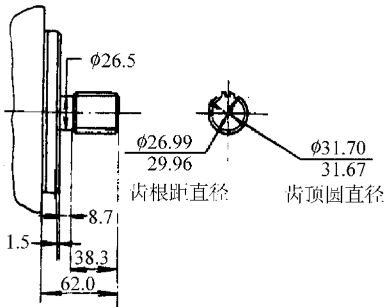


图22.6-4　24M、26M型叶片马达外形尺寸



◆转向：
油口‘L’，为进油口时，顺时针
油口‘K’，为进油口时，逆时针

35M，36M，45M 及 46M 型用花键轴 11 号轴伸



渐开线花键参数(SAE)
平齿根：外径配合(修正后外径)
节距 12/24；14 齿：压力角 30°
基圆直径 27. 48
节圆直径 29. 63

圆弧齿厚
最大有效：3. 28
最小有效：3. 25
最大实际：3. 24
最小实际：3. 21

图 22. 6-5　35M、36M 型叶片马达外形尺寸

◆转向：
油口“L”为进油口时，顺时针
油口“K”为进油口时，逆时针

▲配装 FL1—16 型法兰

Ⅱ型轴伸 50M 及 51M

渐开线花键参数(SAE)：
平根：外径配合(修正后外径)：
8/16 节距：
13 齿：压力角 30°：
基圆直径 38. 13：
节圆直径 41. 27。

圆弧齿厚：
有效最大：4. 95
有效最小：4. 91
实际最小：4. 90
实际最小：4. 87

图 22. 6-6　45M、46M 型叶片马达外形尺寸

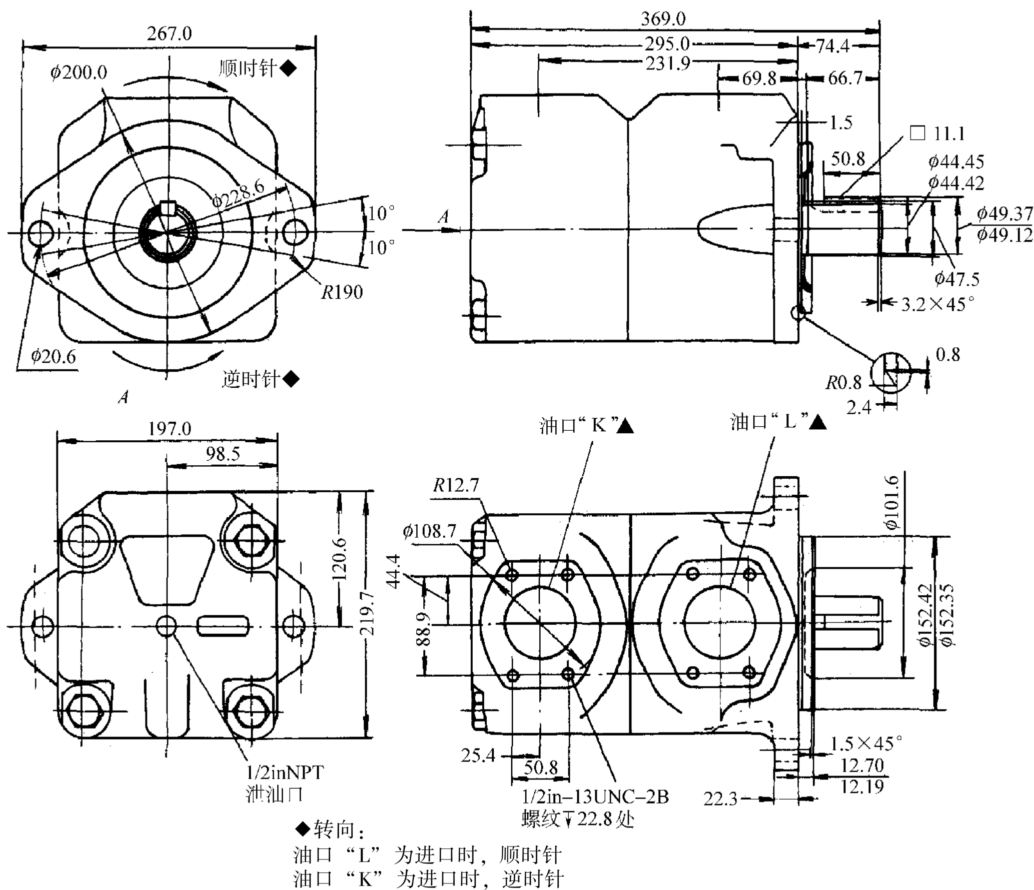
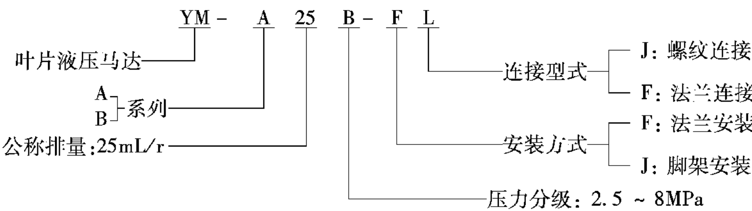


图 22.6-7　50M、51M 型叶片马达外形尺寸

1.6.3　YM 型叶片马达

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.6-13)

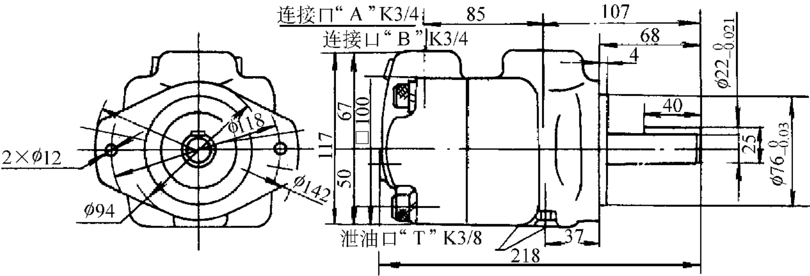
表 22.6-13　技术规格

型　号	压力 /MPa	公称排量 /mL·r⁻¹	转速/r·min⁻¹ 最　高	转速/r·min⁻¹ 最　低	转矩 /N·m	重量 /kg
YM-A19B-※L	6.0	19	2000	100	10.80	法兰安装
YM-A22B-※L	6.0	22	2000	100	13.63	9.8
YM-A25B-※L	6.0	25	2000	100	15.69	
YM-A28B-※L	6.0	28	2000	100	17.65	脚架安装
YM-A32B-※L	6.0	32	2000	100	21.97	12.7
YM-B67B-※F	6.0	67	2000	100	45.11	
YM-B102B-※F	6.0	102	2000	100	70.60	

注：转矩是压力为 6.0MPa 时的转矩。

（3）外形尺寸(见图22.6-8、9)

型号：YM-A※B-FL



型号：YM-B※B-FF

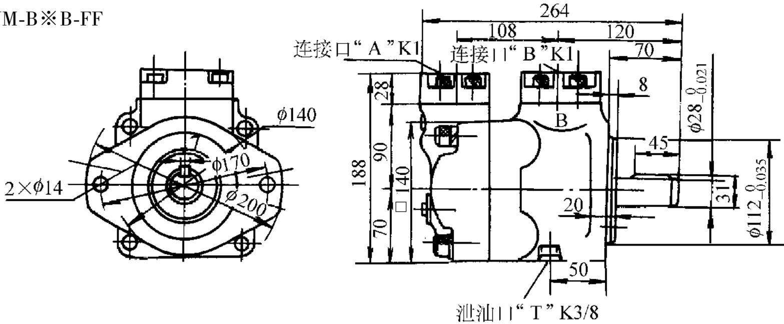
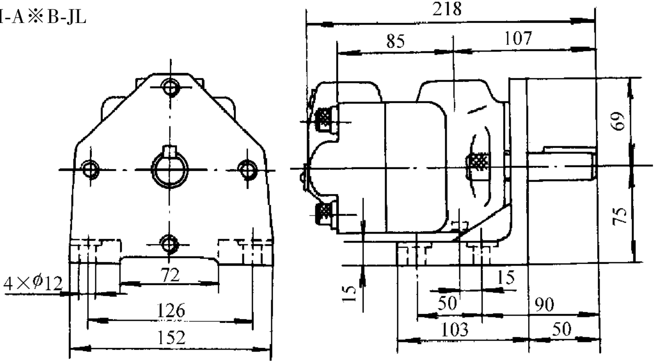


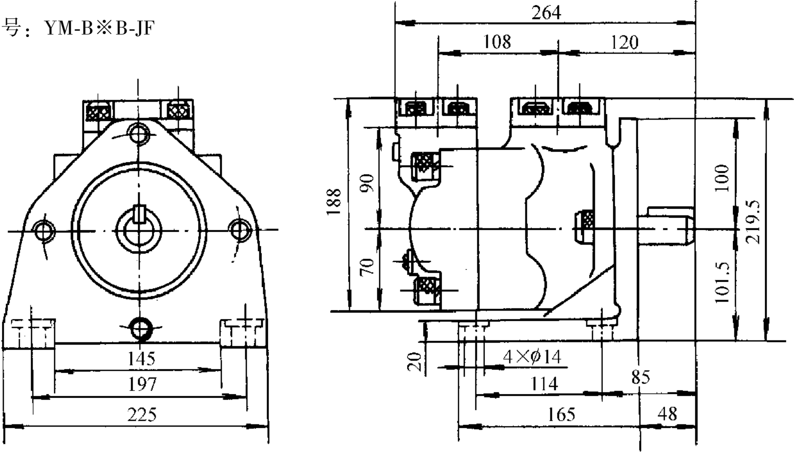
图22.6-8 法兰安装叶片泵外形尺寸

型号：YM-A※B-JL



注：轴、键的尺寸见YM-A※B-FL型外形图

型号：YM-B※B-JF



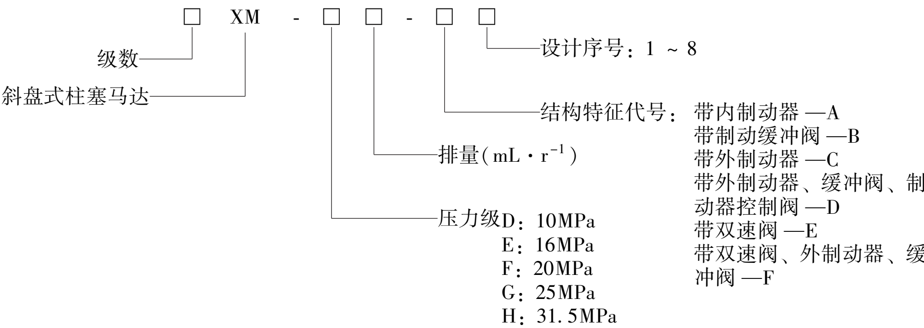
注：轴、键的尺寸见YM-B※B-FF型外形图

图22.6-9 脚架安装外形尺寸

1.7 柱塞马达产品

1.7.1 XM 型柱塞马达(日本东芝 HTM 系列改型产品)

(1) 型号说明



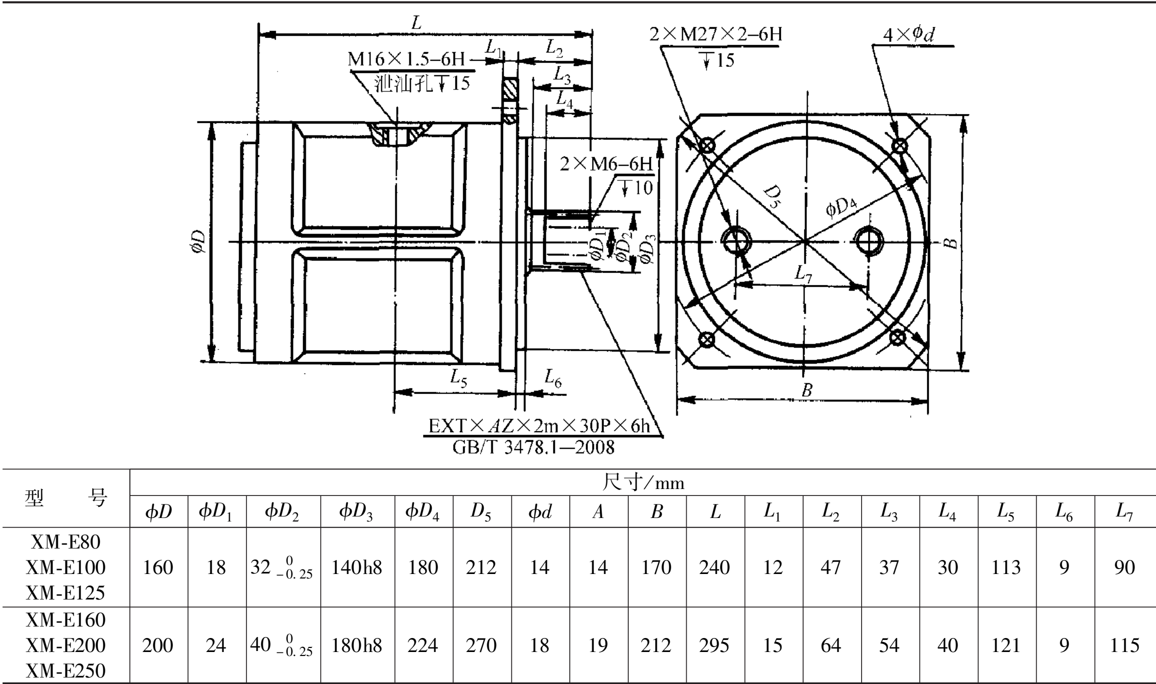
(2) 技术规格(见表 22.6-14)

表 22.6-14 技术规格

型号	排量/mL · r^{-1}	压力/MPa		转速/r · min^{-1}		转矩/N · m		功率/kW	重量/kg
		额定	最高	额定	最高	额定	最高		
XM-E40	40	17.5	21	2500	3000	90	100	2.6	15
XM-E80	80	16	20	320	400	183	229	5	21
XM-E100	100	16	20	320	400	229	286	7	21
XM-E125	125	16	20	320	400	286	357	9	21
XM-E160	160	16	20	320	400	366	458	11	39
XM-E200	200	16	20	320	400	458	572	15	39
XM-E250	250	16	20	320	400	572	715	18	39
XM-F250F XM-F250J	250	20	25	250	320	715	894	17	51
XM-D320F XM-D320J	320	10	12.5	80	100	458	572	3.6	51
XM-G560	560	25	31.5	320	400	2003	2524	62	150
XM-G560-D	560	25	31.5	320	400	2003	2524	62	150
XM-G560-1	560	25	31.5	320	400	2003	2524	62	150
XM-G750-1	750	25	31.5	320	400	2680	3430	83	130
XM-G800-1	800	25	31.5	320	400	2860	3660	89	130
XM-F900	900	20	25	100	125	2575	3220	85	156
XM-F1250-1	1250	20	25	250	320	3577	4470	87	180
XM-E1400	1400	16	20	125	160	3205	4006	39	240
XM-E1600	1600	16	20	100	150	3663	4579	35.5	240
XM-F3150	3150	20	25	100	125	9015	11269	87	250

(3) 外形尺寸(见表 22.6-15、图 22.6-10 ~ 图 22.6-20)

表 22.6-15　XM-※※型马达外形尺寸



型　号	尺寸/mm																
	ϕD	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	ϕD_4	D_5	ϕd	A	B	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
XM-E80 XM-E100 XM-E125	160	18	$32_{-0.25}^{0}$	140h8	180	212	14	14	170	240	12	47	37	30	113	9	90
XM-E160 XM-E200 XM-E250	200	24	$40_{-0.25}^{0}$	180h8	224	270	18	19	212	295	15	64	54	40	121	9	115

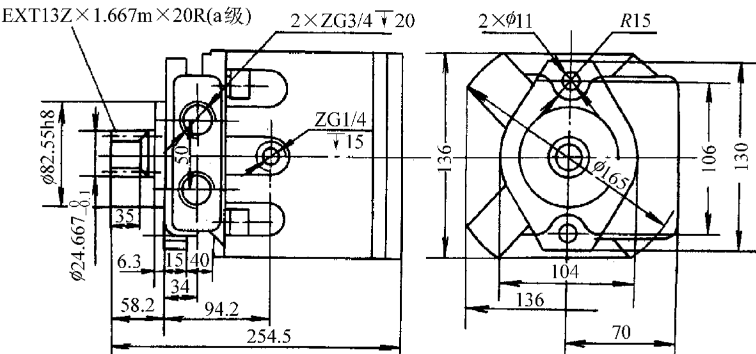


图 22.6-10　XM-E40 型马达外形尺寸

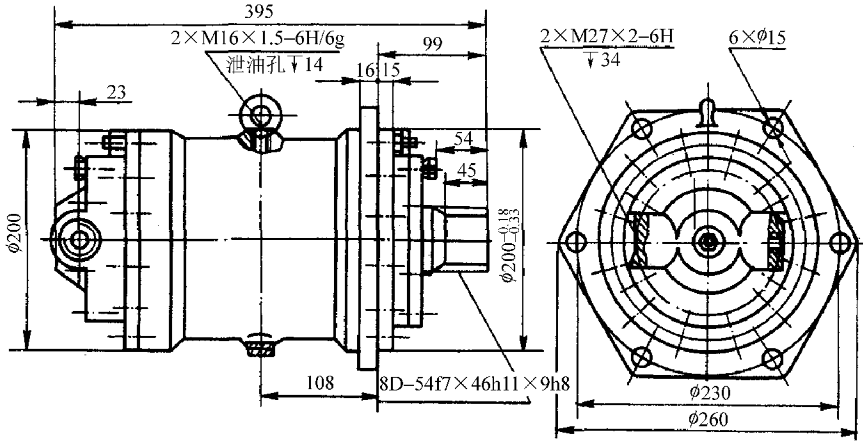


图 22.6-11　XM-F250F/XM-D320F 型马达外形尺寸

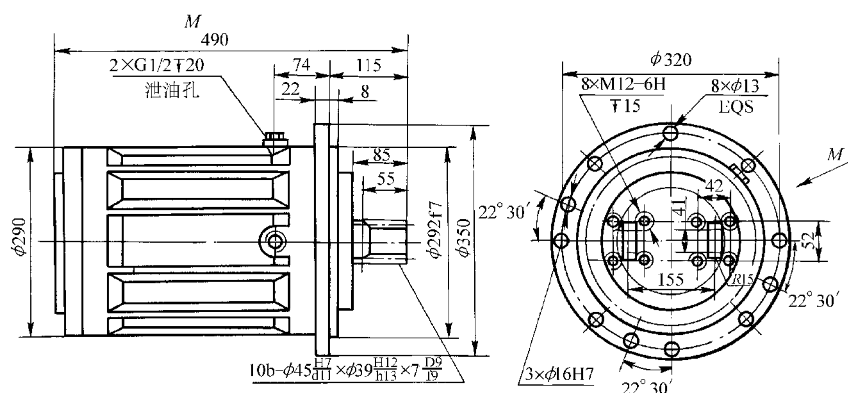


图 22.6-12　XM-G560 型马达外形尺寸

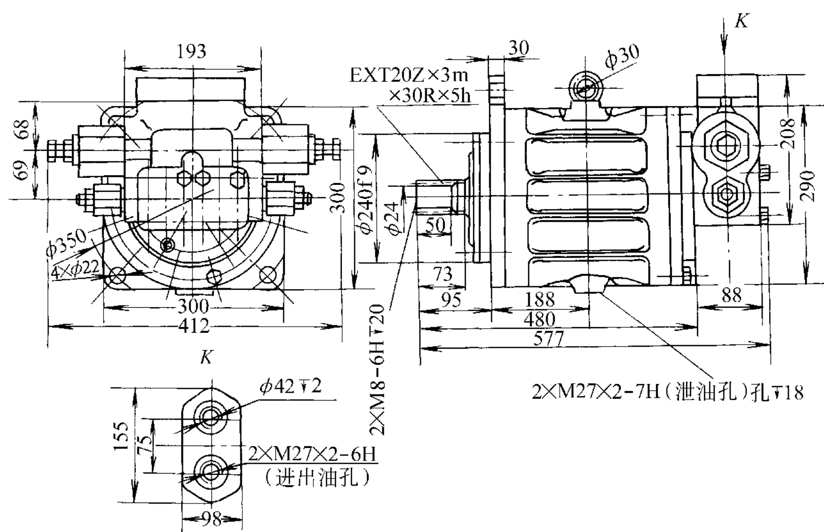


图 22.6-13　XM-G560-D 型马达外形尺寸

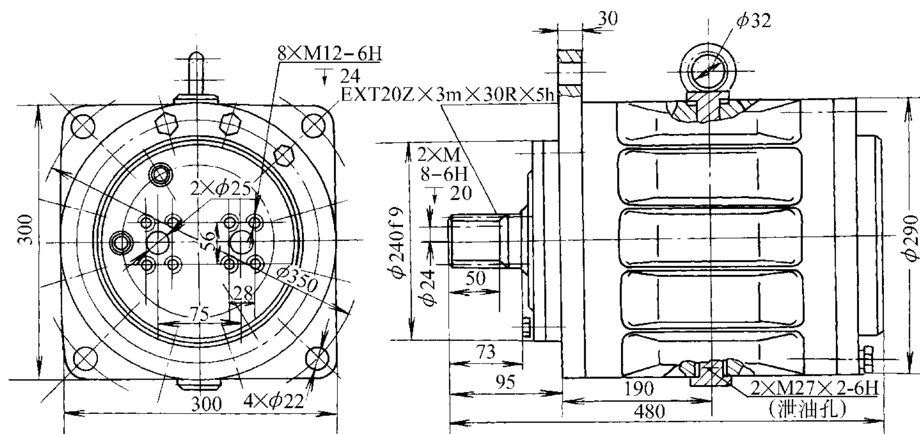


图 22.6-14　XM-G560-1 型马达外形尺寸

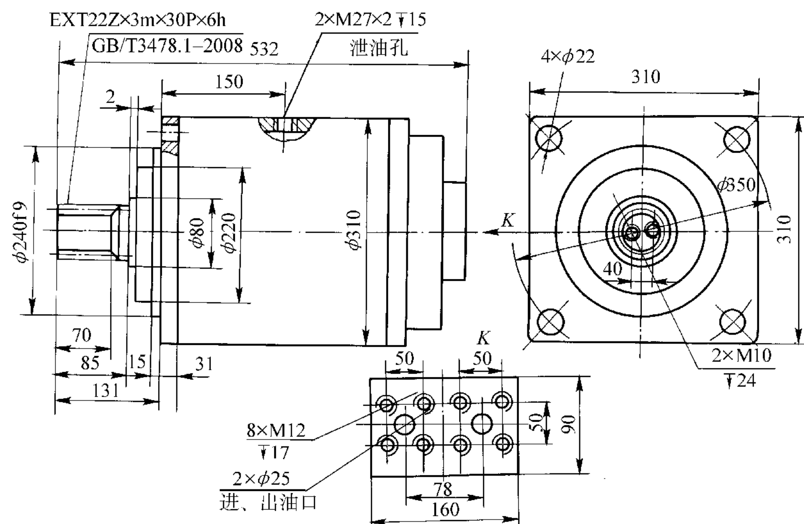


图 22. 6-15　XM-G750-1 型马达外形尺寸

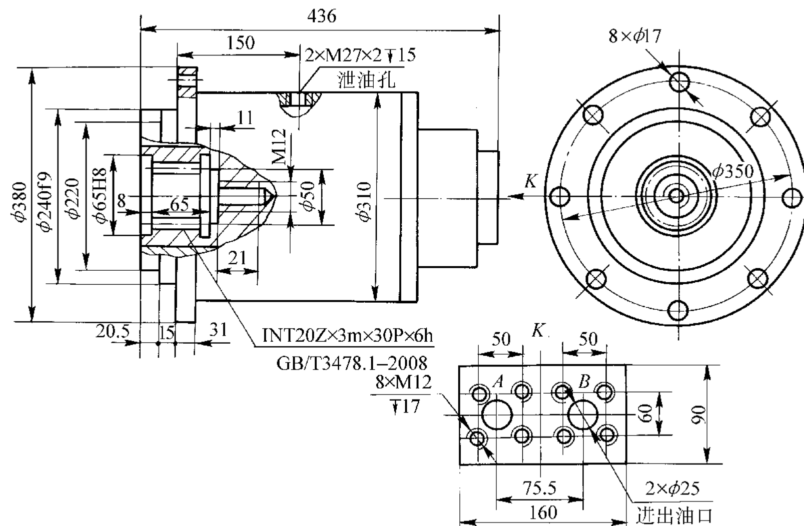


图 22. 6-16　XM-G800-1 型马达外形尺寸

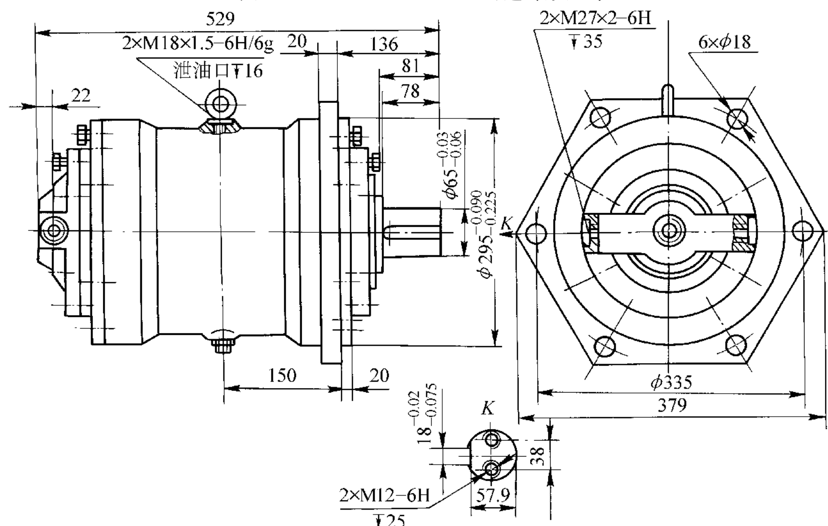


图 22. 6-17　XM-F900 型马达外形尺寸

图 22. 6-18　XM-F1250-1 型马达外形尺寸

图 22. 6-19　XM-E1400/XM-E1600 马达外形尺寸

图 22. 6-20　XM-F3150 型马达外形尺寸

1. 7. 2　HTM300 型柱塞马达（引进日本东芝技术产品）

（1）型号说明

HTM　300　□

□——控制型式代号

300——排量（$mL \cdot r^{-1}$）

HTM——大转矩、高转速斜盘式轴向柱塞马达

控制型式代号说明：

空位—为基础型。

KD—带外制动器，制动力矩 1010N · m，松弛压力 2MPa；带制动缓冲阀，调定压力 20MPa；带制动器控制阀，控制压力 1 ~ 31. 5MPa。

K—带内制动器，制动力矩 400N · m。

D—带制动缓冲阀，调定压力 20MPa。

A-6—带外制动器，制动力矩 1225N · m，松弛

压力4.3MPa，润滑压力小于0.1MPa。

E—带双速阀，双速阀控制压力0.8~1MPa。

F—带双速阀，双速阀控制压力0.8~1MPa；带制动缓冲阀，调定压力20MPa；带外制动器，制动力矩1370N·m，松弛压力3.9MPa，润滑压力小于0.1MPa。

（2）技术规格（见表22.6-16）

（3）外形尺寸（见图22.6-21~25）

表22.6-16 技术规格

型号	排量 /mL·r⁻¹	压力/MPa		转速/r·min⁻¹		转矩/N·m		额定功率 /kW	重量 /kg
		额定	最高	额定	最高	额定	最大		
HTM300	280	25	31.5	500	600	1001	1262	48	50
HTM300KD	280	25	31.5	500	600	1001	1262	48	105
HTM300K	280	25	31.5	500	600	1001	1262	48	73
HTM300D	280	25	31.5	500	600	1001	1262	48	63
HTM300A-6	280	25	31.5	500	600	1001	1262	48	83

举例说明HTM300KD该马达由四部分组成：

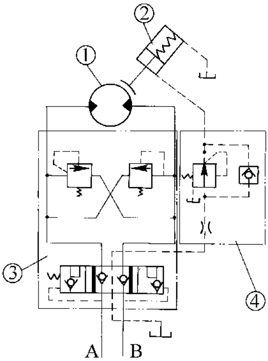
① 液压马达HTM300

② 制动器

③ 制动缓冲阀

④ 减压阀

见液压原理简图



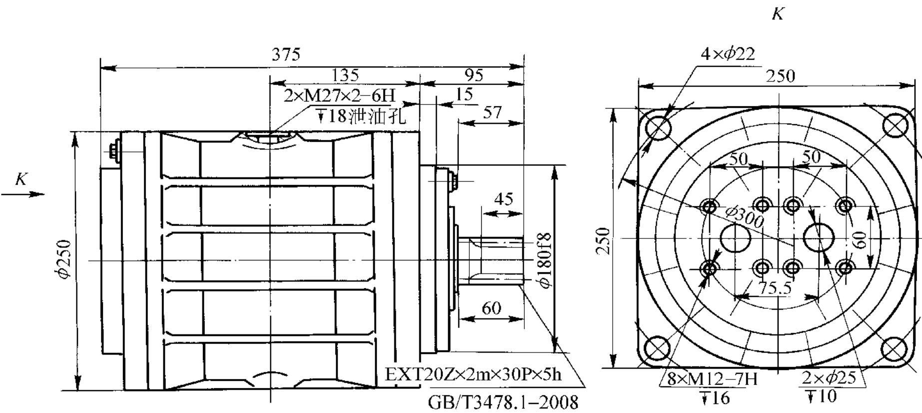


图22.6-21 HTM300马达外形尺寸

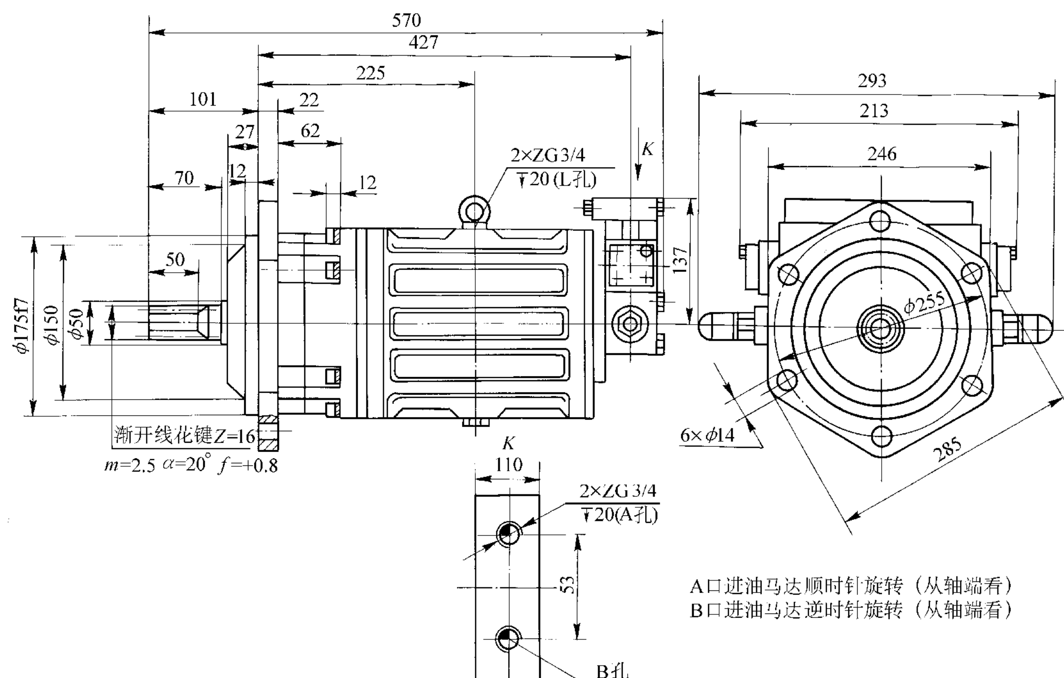


图 22.6-22　HTM300KD 型马达外形尺寸

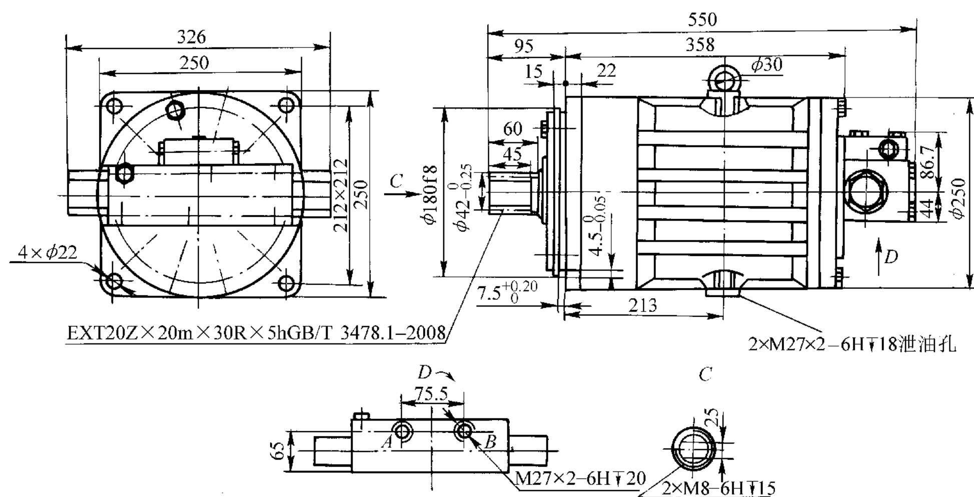


图 22.6-23　HTM300K 型马达外形尺寸

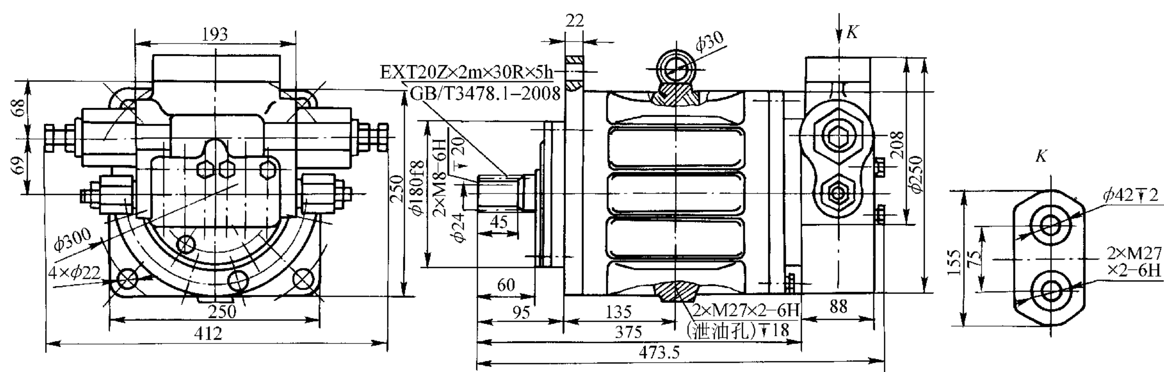


图 22.6-24　HTM300D 型马达外形尺寸

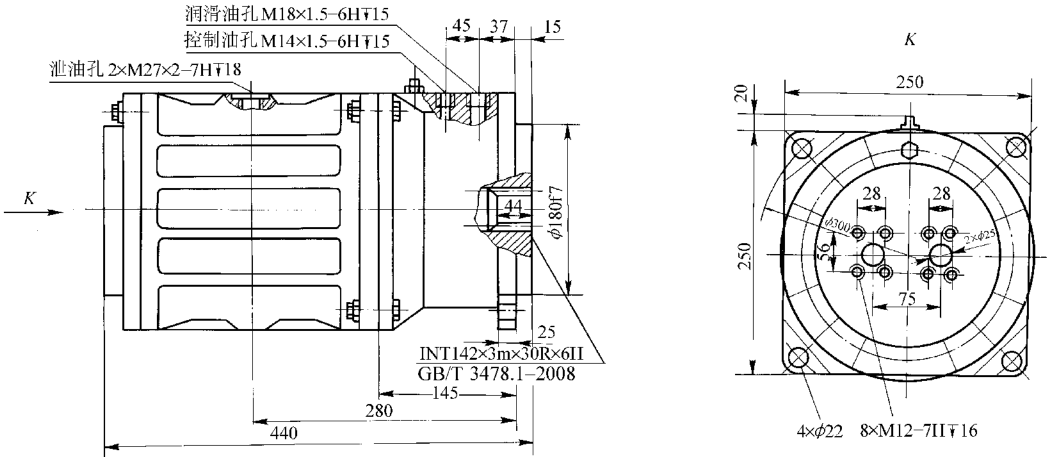
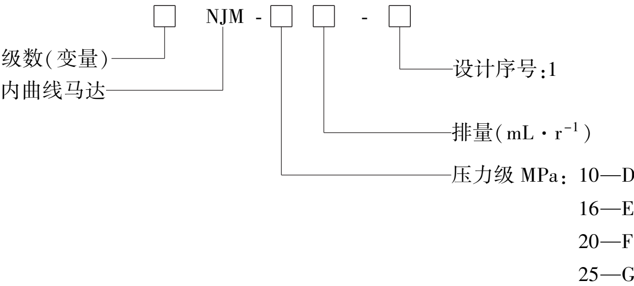


图 22.6-25　HTM300A-6 型马达外形尺寸

1.7.3　NJM 型柱塞马达

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.6-17)

表 22.6-17　技术规格

<table>
<tr><th rowspan="2">型　号</th><th rowspan="2">排量
/mL·r⁻¹</th><th colspan="2">压力/MPa</th><th colspan="2">转速/r·min⁻¹</th><th colspan="2">转矩/N·m</th><th rowspan="2">功率
/kW</th><th rowspan="2">重量
/kg</th></tr>
<tr><th>额　定</th><th>最　高</th><th>额　定</th><th>最　高</th><th>额　定</th><th>最　高</th></tr>
<tr><td>NJM-G0.7</td><td>0.7</td><td rowspan="8">25</td><td rowspan="8">31.5</td><td>150</td><td>175</td><td>2500</td><td>3150</td><td>36</td><td>85</td></tr>
<tr><td>NJM-G1.3</td><td>1.3</td><td>100</td><td>125</td><td>4650</td><td>5950</td><td>45</td><td>145</td></tr>
<tr><td>NJM-G1.25</td><td>1.25</td><td>100</td><td>125</td><td>4471</td><td>5634</td><td>43</td><td>250</td></tr>
<tr><td>NJM-G2</td><td>2</td><td>63</td><td>75</td><td>7155</td><td>8729</td><td>43.8</td><td>345</td></tr>
<tr><td>NJM-G2.84</td><td>2.84</td><td rowspan="3">40</td><td rowspan="3">50</td><td rowspan="2">10160</td><td rowspan="2">12801</td><td rowspan="2">39</td><td>219.5</td></tr>
<tr><td>NJM-G2.84-1</td><td>28.4</td><td>223</td></tr>
<tr><td>NJM-G4</td><td>4</td><td>14310</td><td>18030</td><td>55.6</td><td>420</td></tr>
<tr><td>2NJM-G4</td><td>2/4</td><td>63/40</td><td>75/50</td><td>7155/14310</td><td>8129/18030</td><td>43.8/55.6</td><td>425</td></tr>
<tr><td>NJM-F4-1</td><td>4.5</td><td>20</td><td>25</td><td>130</td><td>150</td><td>12879</td><td>16098</td><td>162.5</td><td>450</td></tr>
</table>

（3）外形尺寸(见图 22.6-26～34)

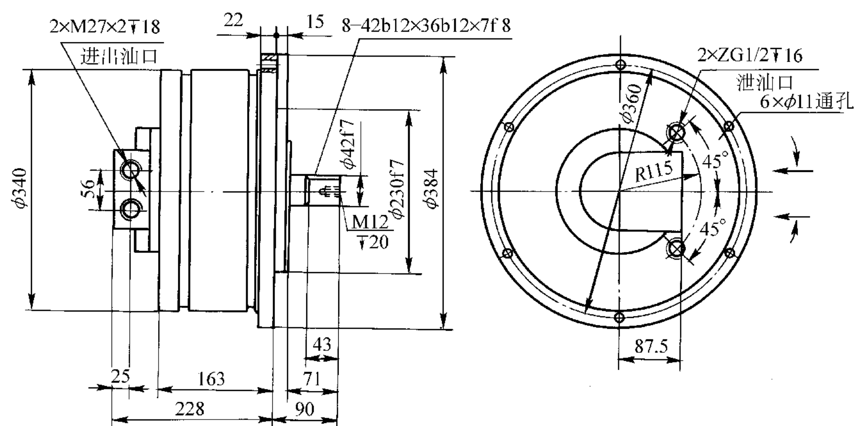


图 22. 6-26　NJM-G0. 7 型马达外形尺寸

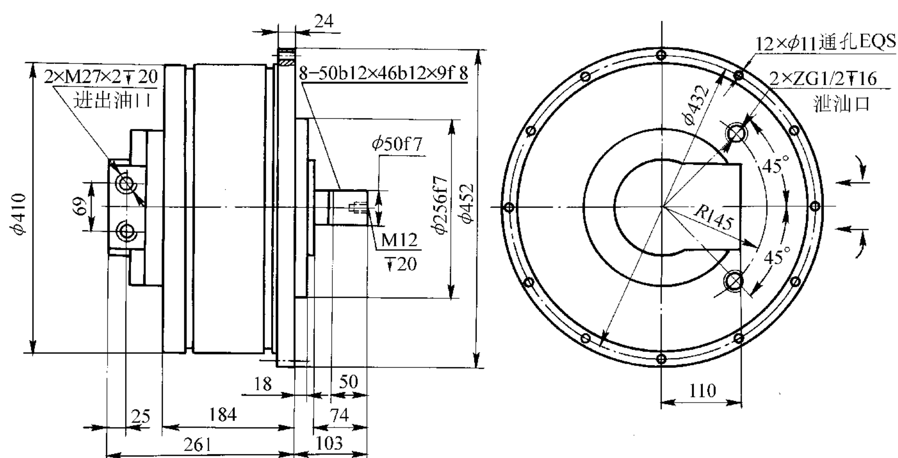


图 22. 6-27　NJM-G1. 3 型马达外形尺寸

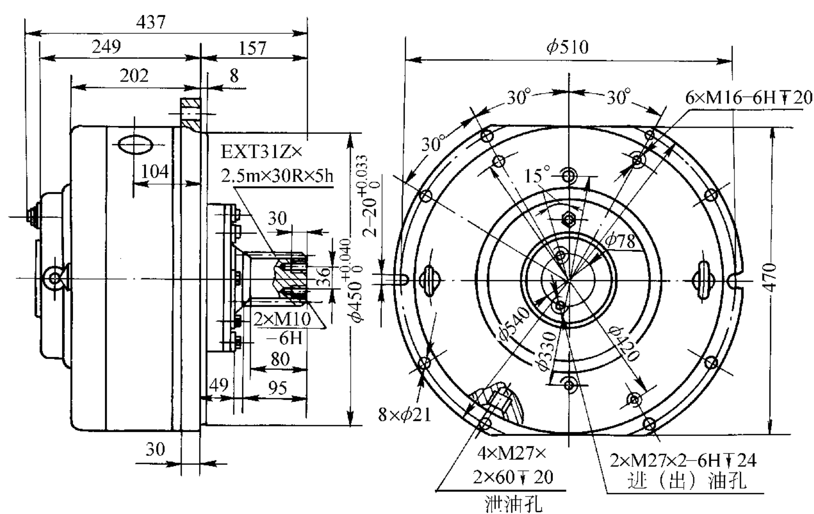


图 22. 6-28　NJM-G1. 25 型马达外形尺寸

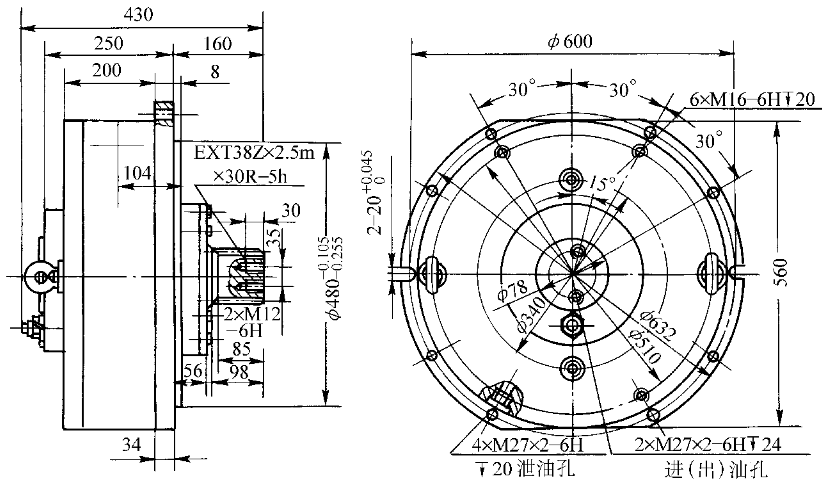


图 22.6-29 NJM-G2 型马达外形尺寸

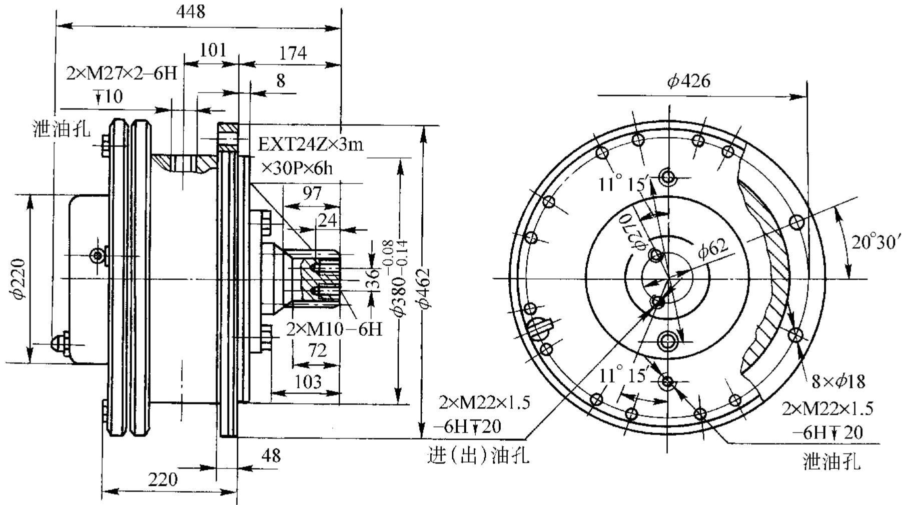


图 22.6-30 NJM-G2.84 型马达外形尺寸

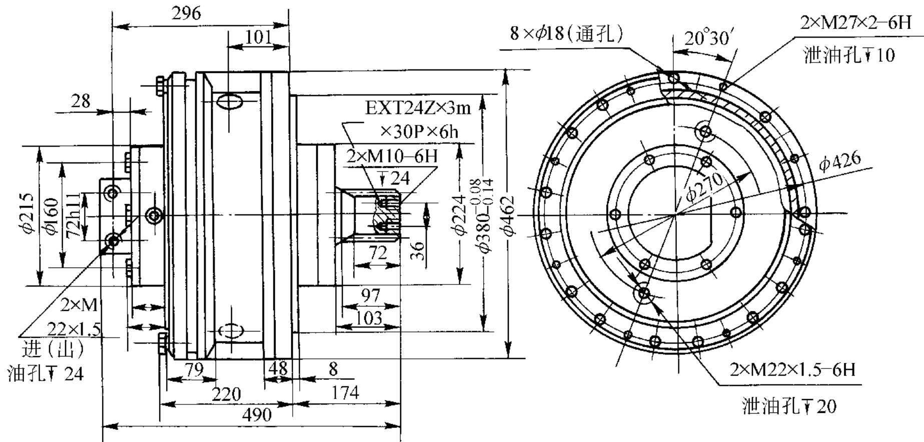


图 22.6-31 NJM-G2.84-1 型马达外形尺寸

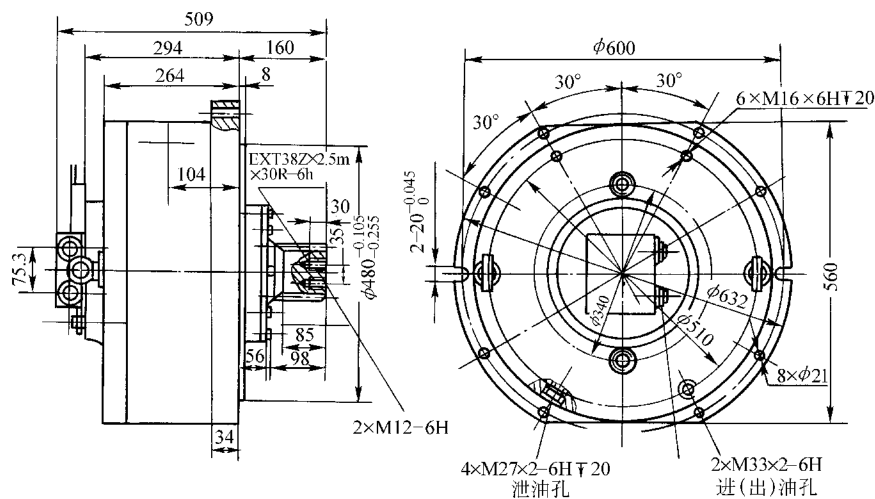


图 22.6-32　NJM-G4 型马达外形尺寸

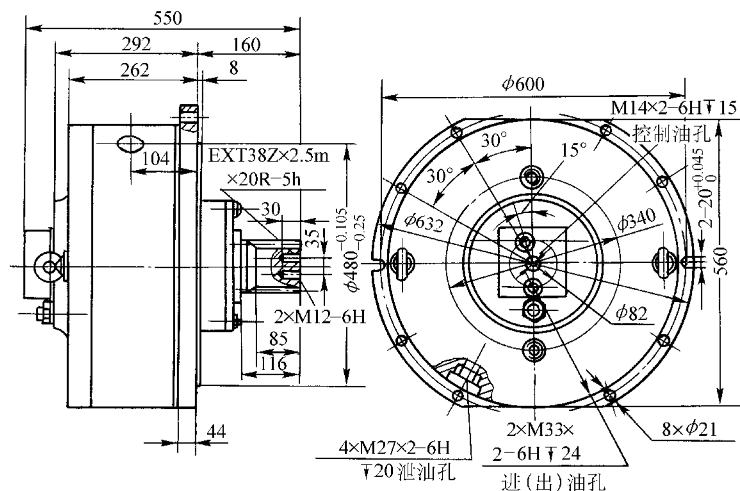


图 22.6-33　2NJM-G4 型马达外形尺寸

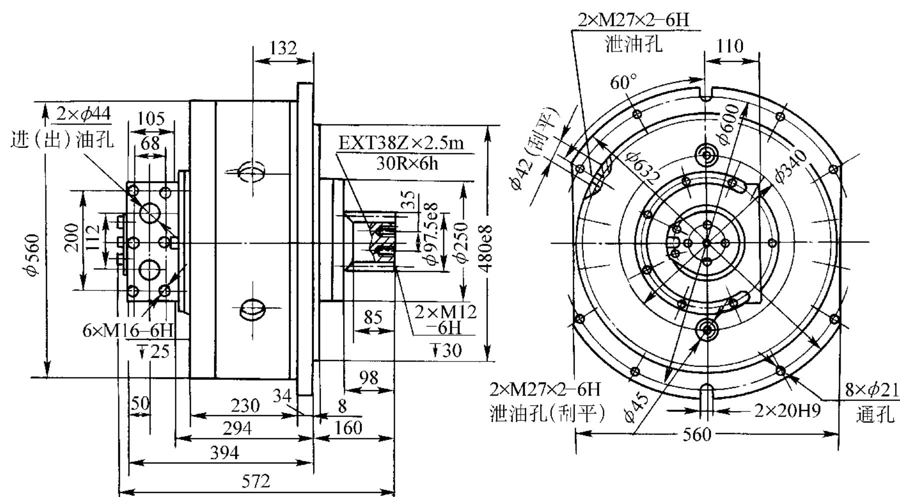
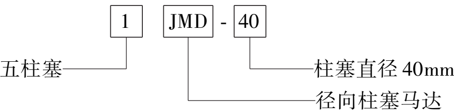


图 22.6-34　NJM-F4-1 型马达外形尺寸

1.7.4 1JMD型径向柱塞马达

(1) 型号说明



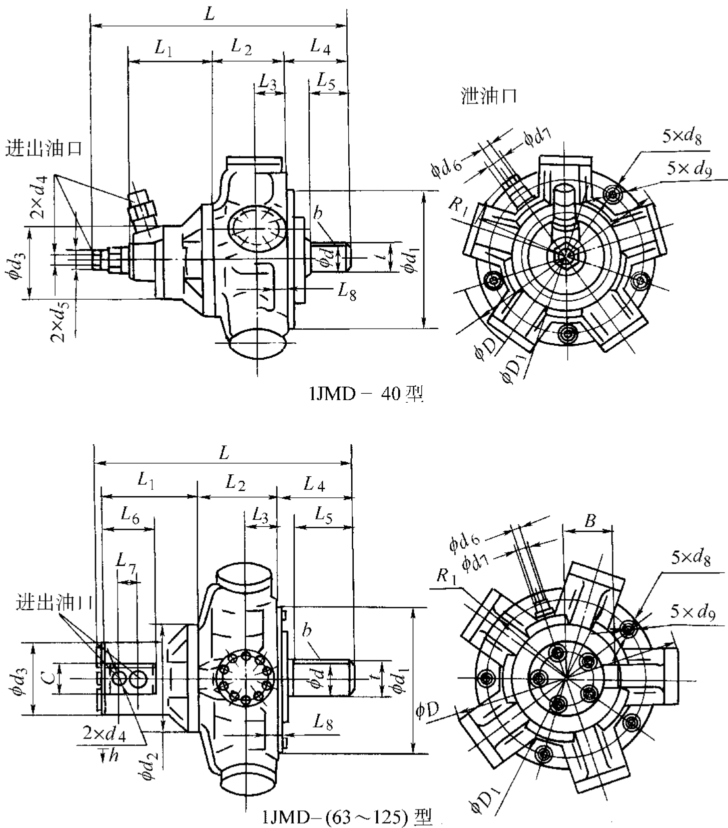
(2) 技术规格(见表22.6-18)

表22.6-18 技术规格

型号	排量	转速	压力/MPa		转矩/kN·m		功率/kW		机械效率	偏心矩	重量
	/mL·r^{-1}	/r·min^{-1}	额定	最大	额定	最大	额定	最大	(%)	/mm	/kg
1JMD-40	0.201	10~400	16	22	0.47	0.645	19.2	26.4	≥91.5	16	44.5
1JMD-63	0.780	10~200	16	22	1.815	2.50	37.2	51.2	≥91.5	25	107
1JMD-80	1.608	10~150	16	22	3.75	5.16	57.8	79.2	≥91.5	32	160.4
1JMD-100	3.140	10~100	16	22	7.35	10.07	75.3	103	≥91.5	40	257
1JMD-125	6.140	10~75	16	22	14.30	19.70	110	151	≥91.5	50	521

(3) 外形尺寸(见表22.6-19)

表22.6-19 1JMD型径向柱塞马达外形尺寸 (mm)



型号	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	B	b	C	ϕD	ϕD_1	ϕd
1JMD-40	395	121	106	42	108	65			18		12		320	235	40h6
1JMD-63	470	180	148	55	132	90	115	45	23	104	18	70	420	295	60h6
1JMD-80	582	194	176	70	175	130	115	45	30	115	20	70	544	360	75h6

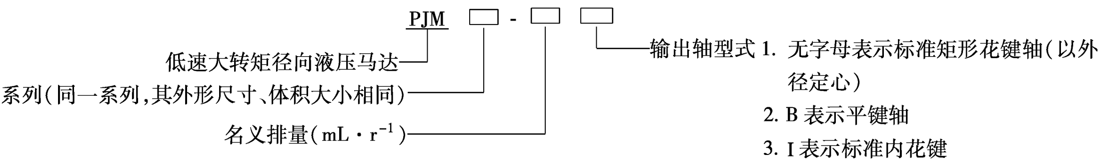
（续）

型　号	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	B	b	C	ϕD	ϕD_1	ϕd
1JMD-100	645	222.5	205	84	241	200	124	50	30	118	24	76	658	440	80h6
1JMD-125	820	269	285	130	240	200	130	60	35	140	32	95	830	580	120h6

型　号	ϕd_1	ϕd_2	ϕd_3	d_4	d_5	ϕd_6	ϕd_7	ϕd_8	ϕd_9	t	R_1	h
1JMD-40	205h8		115	20	13	14	12	14	32	42.8	145	
1JMD-63	260h8		140	M33×1.5		14	12	18	38	65.5	168	18
1JMD-80	330h8		160	M33×1.5		14	12	21	40	79.2	200	18
1JMD-100	380h8	252h8	170	M33×1.5		14	12	22	38	85	235	24
1JMD-125	510h8	320h8	190	M42×2		14	12	34	56	126.5	290	25

1.7.5　PJM 型径向球塞马达

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.6-20）

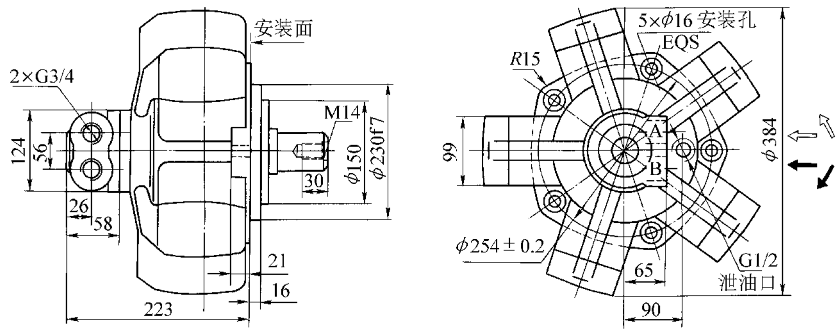
表 22.6-20　技术规格

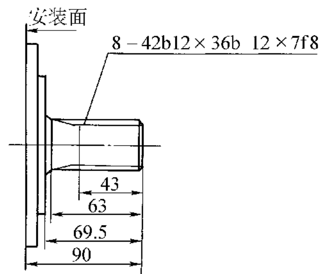
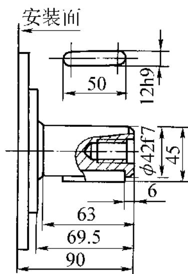
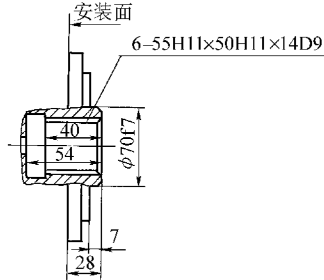
型　号	排量 /mL·r^{-1}	压力/MPa		转矩/N·m		转速范围 /r·min^{-1}	重量 /kg
		额定压力	最高压力	额定转矩	单位理论转矩（N·m/MPa）		
PJM6-400	397	25	32	1483	63	15～630	57.5
PJM6-450	452	25	32	1638	72	15～630	
PJM6-500	491	20	25	1463	78	15～500	
PJM6-600	594	20	25	1775	94	14～500	
PJM6-700	683	16	20	1633	103	14～400	
PJM6-750	754	16	20	1760	110	14～320	
PJM11-700	682	25	32	2667	114	14～400	94
PJM11-800	782	25	32	2959	120	14～400	
PJM11-900	894	25	32	3480	140	14～400	
PJM11-1000	981	20	25	2974	158	13～320	
PJM11-1100	1104	20	25	3336	177	13～320	
PJM11-1200	1234	16	25	3512	187	13～320	
PJM11-1300	1301	16	20	3080	197	13～250	
PJM16-1400	1413	25	32	5138	210	12～400	170
PJM16-1600	1648	20	32	6158	262	12～400	
PJM16-1800	1814	20	25	5433	283	12～320	
PJM16-2000	2034	16	25	6030	323	12～320	
PJM16-2400	2267	16	20	5763	360	12～250	

（3）外形尺寸（见表 22.6-21）

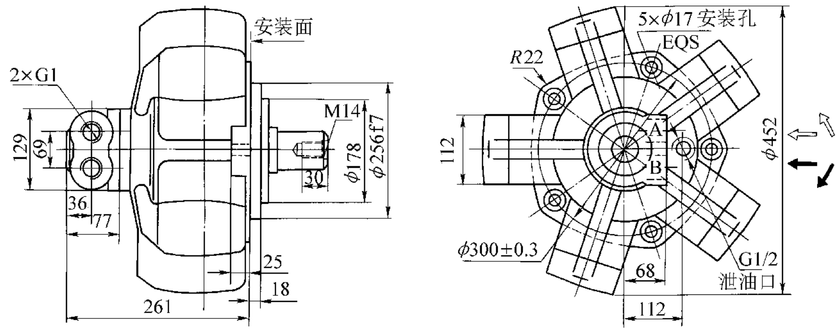
表 22.6-21　PJM 型径向球塞马达外形尺寸

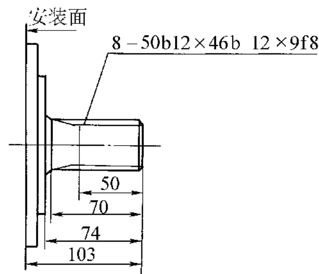
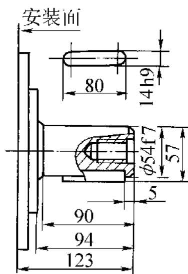
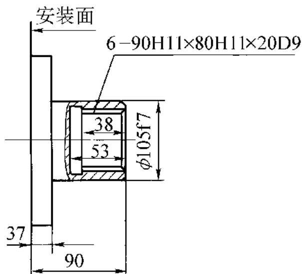
PJM6-400～750



标准花键：PJM6-※※	标准平键：PJM6-※※B	标准内花键：PJM6-※※I
		

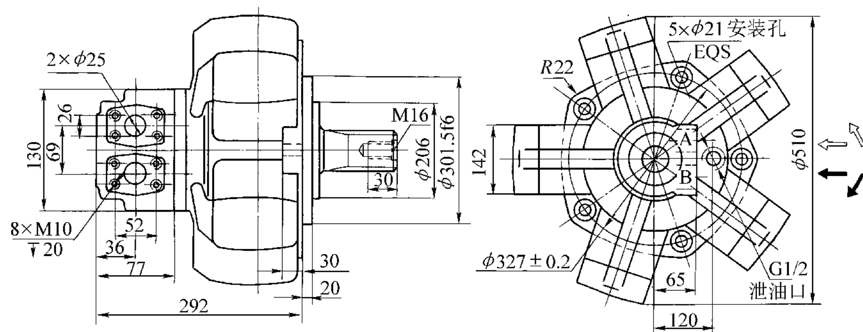
PJM11-700～1300



标准花键：PJM11-※※	标准平键：PJM11-※※B	标准内花键：PJM11-※※I
		

（续）

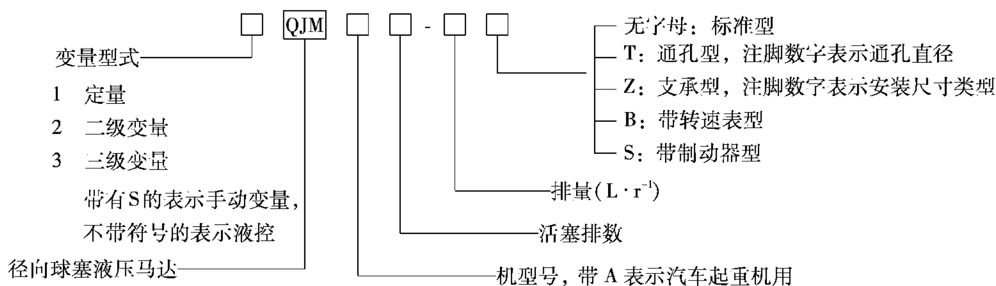
PJM16-1400～2400



标准花键：PJM16-※※	标准平键：PJM16-※※B	标准内花键：PJM16-※※I
安装面 8-72b12×62b12×12f8 65 88 107 148	安装面 100 18h9 ϕ72f7 75.5 5 110 129 170	安装面 10-98H11×92H11×14D9 60 80 ϕ120g7 29 24.5 60

1.7.6　QJM 型径向球塞马达

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.6-22、23）

表 22.6-22　QJM 系列定量液压马达技术规格

型　号	排量 /L·r⁻¹	压力/MPa 额定	压力/MPa 最大	转速范围 /r·min⁻¹	最大输出转矩 /N·m	重量 /kg
1QJM01-0.10	0.10	10	16	8～630	215	15
1QJM01-0.16	0.16	10	16	8～630	344	15
1QJM01-0.20	0.20	10	16	8～500	420	15
1QJM02-0.32	0.32	10	16	5～400	686	24
1QJM02-0.4	0.404	10	16	5～320	843	24
1QJM1A1-0.4 1QJM11-0.4	0.4	10	16	5～400	843	28
1QJM1A1-0.5 1QJM11-0.5	0.525	10	16	5～400	1079	28
1QJM1A1-0.63 1QJM11-0.63	0.633	10	16	4～250	1353	28
1QJM21-0.32	0.32	16	31.5	1～400	1510	45
1QJM21-0.5	0.5	16	31.5	2～320	2354	45

（续）

型号	排量 /L·r⁻¹	压力/MPa		转速范围 /r·min⁻¹	最大输出转矩 /N·m	重量 /kg	型号	排量 /L·r⁻¹	压力/MPa		转速范围 /r·min⁻¹	最大输出转矩 /N·m	重量 /kg
		额定	最大						额定	最大			
1QJM21-0.63	0.69	16	31.5	2～250	3139	45	1QJM42-2.0	2.0	20	31.5	1～320	8829	90
1QJM21-1.0	1.0	10	16	2～160	2256	45	1QJM42-2.5	2.5	20	31.5	1～250	10496	90
1QJM21-1.25	1.38	10	16	2～125	3139	45	1QJM42-4.0	4.0	10	16	1～200	8534	90
1QJM12-0.8	0.8	10	16	4～250	1685	35	1QJM42-4.5	4.5	10	16	1～160	9319	90
1QJM12-1.0	1.0	10	16	4～200	2156	35	1QJM52-2.0	2.0	20	31.5	1～320	8820	180
1QJM12-1.25	1.25	10	16	4～160	2705	35	1QJM52-2.5	2.5	20	31.5	1～320	10783	180
1QJM32-0.63	0.69	20	31.5	1～500	3040	78	1QJM52-3.2	3.2	20	31.5	1～250	14210	180
1QJM32-1.0	1.0	20	31.5	1～400	4512	78	1QJM52-4.0	4.0	10	16	1～200	8918	180
1QJM32-1.25	1.38	20	31.5	2～320	5640	78	1QJM52-5.0	5.0	10	16	1～160	11270	180
1QJM32-1.6	1.6	20	31.5	2～250	7357	78	1QJM52-6.3	6.3	10	16	1～125	14210	180
1QJM32-2.0	2.0	16	25	2～200	7259	78	1QJM61-8	8	20	31.5	1～63	36297	500
1QJM32-2.5	2.5	10	16	1～160	5493	78	1QJM61-10	10	20	31.5	1～50	44115	500
1QJM32-3.2	3.2	10	16	1～125	7063	78	1QJM61-16	16	10	16	1～32	35316	500
1QJM32-4.0	4.0	10	16	1～100	8750	78	1QJM61-20	20	10	16	1～25	42183	500

表 22.6-23　QJM 系列变量液压马达技术规格

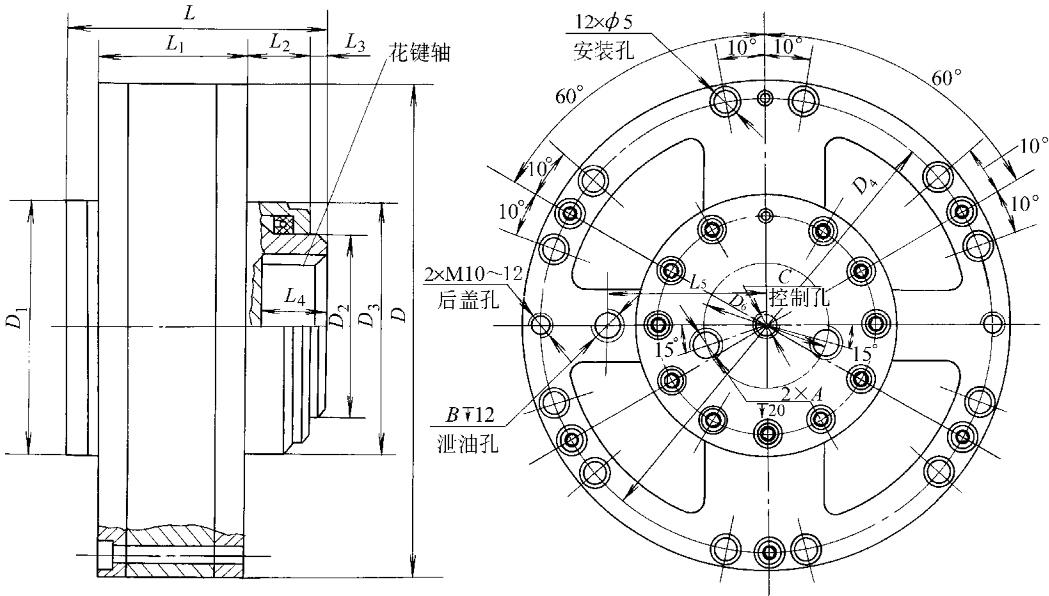
型号	排量 /L·r⁻¹	压力/MPa		转速范围 /r·min⁻¹	最大输出转矩 /N·m	重量 /kg	型号	排量 /L·r⁻¹	压力/MPa		转速范围 /r·min⁻¹	最大输出转矩 /N·m	重量 /kg
		额定	最大						额定	最大			
2QJM11-0.32	0.32 0.16	10	16	5～630	687	28	2QJM32-2.5	2.5 1.25	10	16	1～160	5689	78
2QJM11-0.4	0.4 0.2	10	16	5～600	843	28	2QJM32-3.2	3.2 1.6	10	16	1～125	6867	78
2QJM11-0.5	0.525 0.26	10	16	5～400	1079	28	2QJM32-4.0	4.0 2.0	10	16	1～100	8829	78
2QJM11-0.63	0.63 0.316	10	16	5～320	1353	28	2QJM42-1.6	1.6 0.8	20	31.5	1～400	6867	90
2QJM12-0.8	0.8 0.4	10	16	4～250	1687	35	2QJM42-2.0	2.0 1.0	20	31.5	1～320	8829	90
2QJM12-1.0	1.0 0.5	10	16	4～200	2158	35	2QJM42-2.5	2.5 1.25	20	31.5	1～250	10500	90
2QJM12-1.25	1.25 0.63	10	16	4～160	2707	35	2QJM42-4.0	1.0 2.0	10	16	1～200	8534	90
2QJM21-0.32	0.32 0.16	16	31.5	2～600	1510	45	2QJM42-4.5	4.5 2.25	10	16	1～160	9319	90
2QJM21-0.5	0.5 0.25	16	31.5	2～400	2354	45	2QJM52-2.0	2.0 1.0	20	31.5	1～400	8829	180
2QJM21-0.63	0.69 0.345	16	31.5	2～320	3139	45	2QJM52-2.5	2.5 1.25	20	31.5	1～320	10790	180
2QJM21-1.0	1.0 0.5	10	16	2～250	2158	45	2QJM52-3.2	3.2 1.6	20	31.5	1～250	14220	180
2QJM21-1.25	1.38 0.69	10	16	2～200	3139	45	2QJM52-4.0	4.0 2.0	10	16	1～200	8930	180
2QJM32-0.63	0.69 0.315	20	31.5	1～500	3041	78	2QJM52-5.0	5.0 2.5	10	16	1～160	11280	180
2QJM32-1.0	1.0 0.5	20	31.5	1～400	4512	78	2QJM52-6.3	6.3 3.15	10	16	1～125	14220	180
2QJM32-1.25	1.38 0.69	20	31.5	2～320	5886	78	3QJM32-1.0	1.0 0.5 0.25	20	31.5	1～400	4510	78
2QJM32-1.6	1.6 0.8	20	31.5	2～250	7455	78							
2QJM32-1.6/0.4	1.6 0.4	20	31.5	2～250	7455	78	3QJM32-1.25	1.25 0.63 0.315	20	31.5	1～320	5490	78
2QJM32-2.0	2.0 1.0	16	25	2～200	7455	78							

（续）

型　号	排量 /L·r⁻¹	压力/MPa 额定	压力/MPa 最大	转速范围 /r·min⁻¹	最大输出转矩 /N·m	重量 /kg	型　号	排量 /L·r⁻¹	压力/MPa 额定	压力/MPa 最大	转速范围 /r·min⁻¹	最大输出转矩 /N·m	重量 /kg
3QJM32-1.6	1.6 0.8 0.4	20	31.5	2～250	7350	78	3QJM32-2.5	2.5 1.25 0.63	10	16	1～160	5680	78
3QJM32-2.0	2.0 1.0 0.5	20	25	2～200	7060	78	3QJM32-3.2	3.2 1.6 0.8	10	16	1～125	7060	78

（3）外形尺寸（见表 22.6-24、图 22.6-35～图 22.6-39）

表 22.6-24　1QJM11 和 2QJM11 型定量和变量马达外形尺寸　（mm）



型　号	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	D	D_1	D_2	D_3
1QJM11-※※ 2QJM11-※※	132	82	33	3	32	87	φ240	φ148	φ100	φ160g6
1QJM21-※※ 2QJM21-※※	168	98	29	14	39	100	φ300	φ148	φ110	φ160g6
1QJM12-※※ 2QJM12-※※	165	115	33	3	32	87	φ240	φ148	φ100	φ160g6

型　号	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	D	D_1	D_2	D_3
1QJM32-※※ 2QJM32-※※	213	138	43	10	55	115	φ320	φ165	φ120	φ170g6
1QJM42-※※ 2QJM42-※※	200	153	36	12	35	124	φ340	φ190	φ140	φ200g7

型　号	D_4	D_6	C	B	A	A 花　键　轴
1QJM11-※※ 2QJM11-※※	φ220	φ69	M16×1.5	$\frac{—}{M12\times1.5}$	M33×2	$6\times\frac{70H11\times62H11\times15D9}{70b12\times62b12\times15d9}$
1QJM21-※※ 2QJM21-※※	φ283	φ69	M22×1.5	$\frac{—}{M12\times1.5}$	M33×2	$6\times\frac{90H11\times80H11\times20D9}{90b12\times80b12\times20d9}$
1QJM12-※※ 2QJM12-※※	φ220	φ69	M16×1.5	$\frac{—}{M12\times1.5}$	M33×2	$10\times\frac{98H11\times92H11\times14D9}{98b12\times92b12\times14d9}$
1QJM32-※※ 2QJM32-※※	φ299	φ79	M22×1.5	$\frac{—}{M12\times1.5}$	M33×2	$10\times\frac{98H11\times92H11\times14D9}{98b12\times92b12\times14d9}$
1QJM42-※※ 2QJM42-※※	φ320	φ100	M22×1.5	$\frac{—}{M18\times1.5}$ 深 20	M42×2	$10\times\frac{112H11\times102H11\times16D9}{112b12\times102b12\times16d9}$

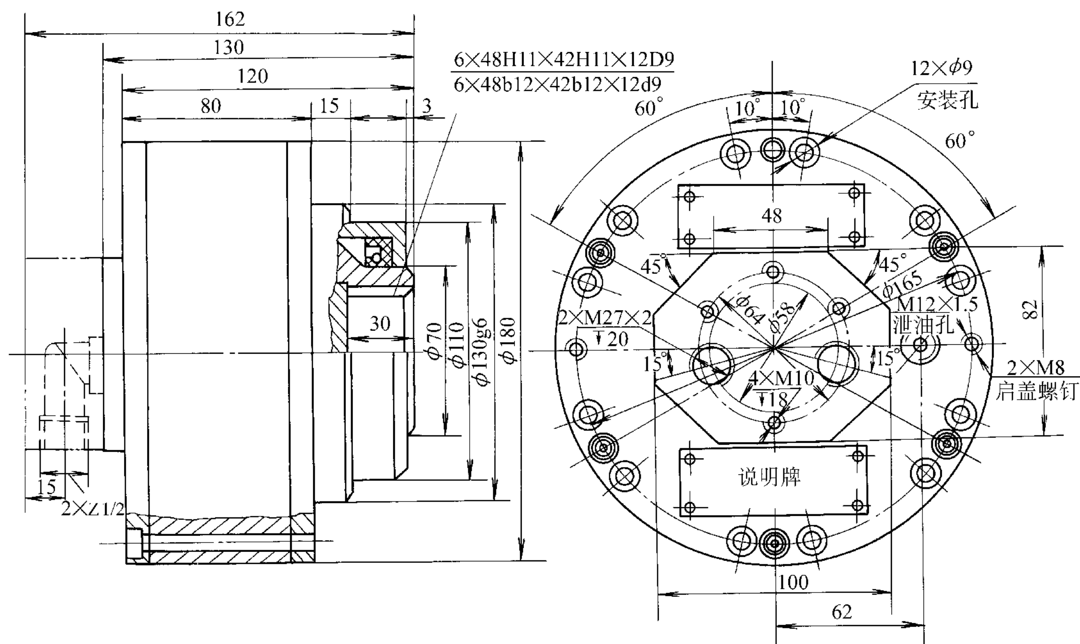


图22.6-35　1QJM01型定量马达外形尺寸

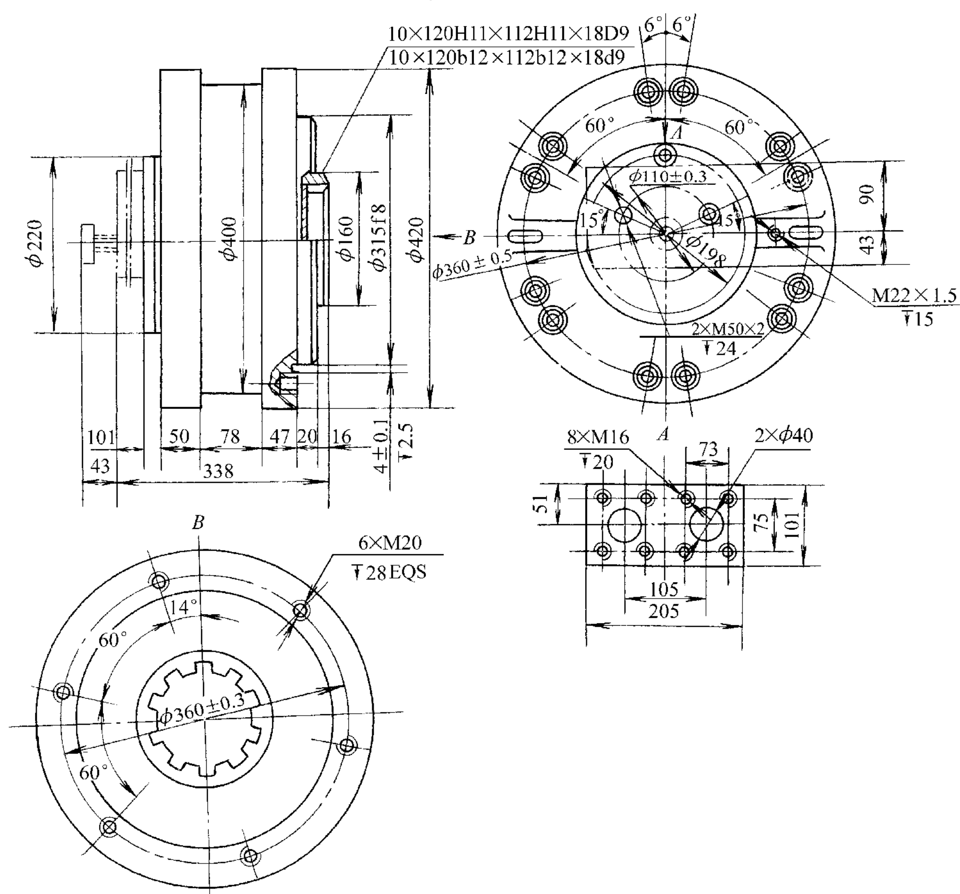


图22.6-36　2QJM52型变量马达外形尺寸

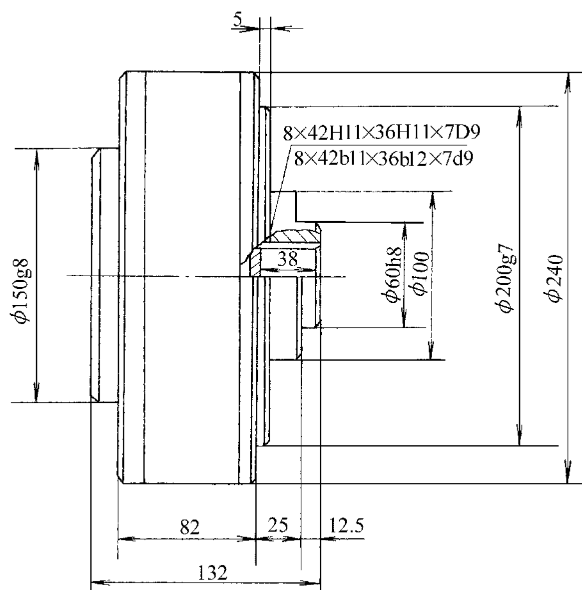


图 22.6-37　1QJM1A1 型定量马达外形尺寸

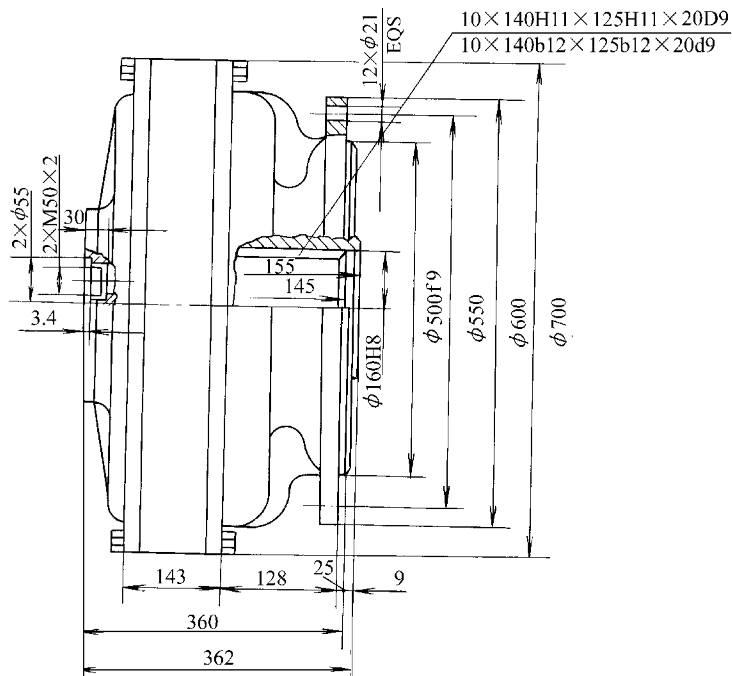


图 22.6-38　1QJM61 系型定量马达外形尺寸

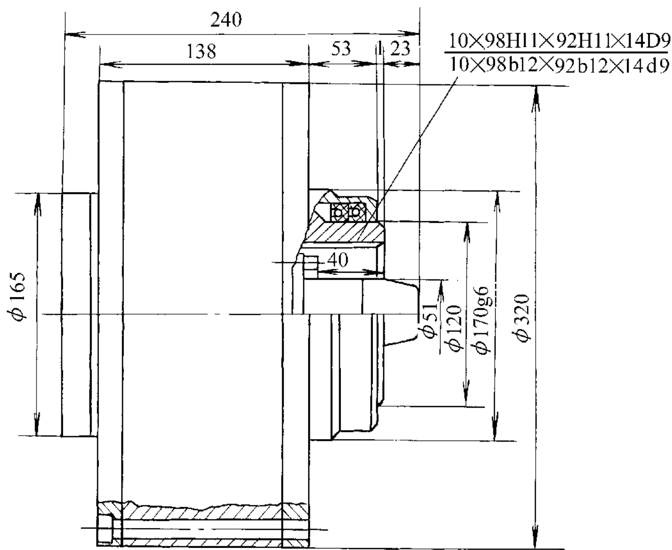


图22.6-39　3QJM32 型变量马达外形尺寸

1.7.7　A6V 型斜轴式变量马达

（1）型号说明

A6V　55　HD　2　F　Z　2　0183

- A6V：马达型号：变量马达 A6V
- 55：规格（排量 V_{gmin} ~ V_{gmax}）

排量范围	规格
(8.1 ~ 28.1mL/r)	28
(15.8 ~ 54.8mL/r)	55
(23 ~ 80mL/r)	80
(30.8 ~ 107mL/r)	107
(46 ~ 160mL/r)	160
(64.8 ~ 225mL/r)	225
(135 ~ 468mL/r)	468

- HD：变量方式

变量方式	代号
液压先导控制	HD
高压自动控制	HA
转速液压控制	DA
电气控制（带比例电磁铁）	EL
扭矩控制	MO
手动控制（带手轮）	MA

- 2：系列：2—系列2　规格 28 ~ 225；1—系列1 规格 468
- F：连接油口：F—SAE 法兰　侧面；G—米制螺纹　侧面
- Z：轴伸：P—平键　国标 GB/T 1096；Z—花键　德标 DIN5480；S—花键　国标 GB/T 3478.1
- 2：总成型式：1、2
- 0183：最小排量设定值：例：V_{gmin} = 18.3mL/r　0183；V_{gmin} = 123mL/r　1230

（2）技术规格（见表 22.6-25）

表 22.6-25　技术规格（理论值，未考虑 η_m 与 η_V）

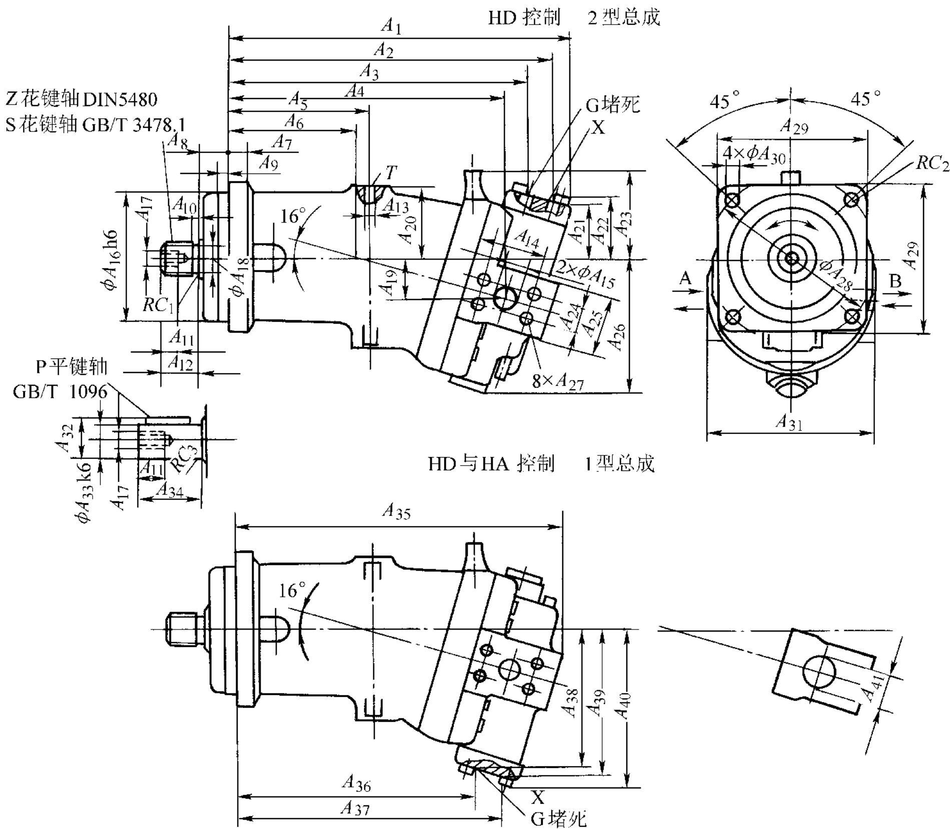
规格			28	55	80	107	160	225	468
排量	V_{gmax} $\alpha = 25°$	$/mL \cdot r^{-1}$	28.1	54.8	80	107	160	225	468
	V_{gmin} $\alpha = 70°$	$/mL \cdot r^{-1}$	8.1	15.8	23	30.8	46	64.8	135
允许最大流量	q_{Vmax}	$/L \cdot min^{-1}$	133	206	268	321	424	531	889
最高转速	n_{max}在V_{gmax}下	$/r \cdot min^{-1}$	4750	3750	3350	3000	2650	2360	1900
	n_{max}在$V_g < V_{gmax}$下	$/r \cdot min^{-1}$	6250	5000	4500	4000	3500	3100	2500

（续）

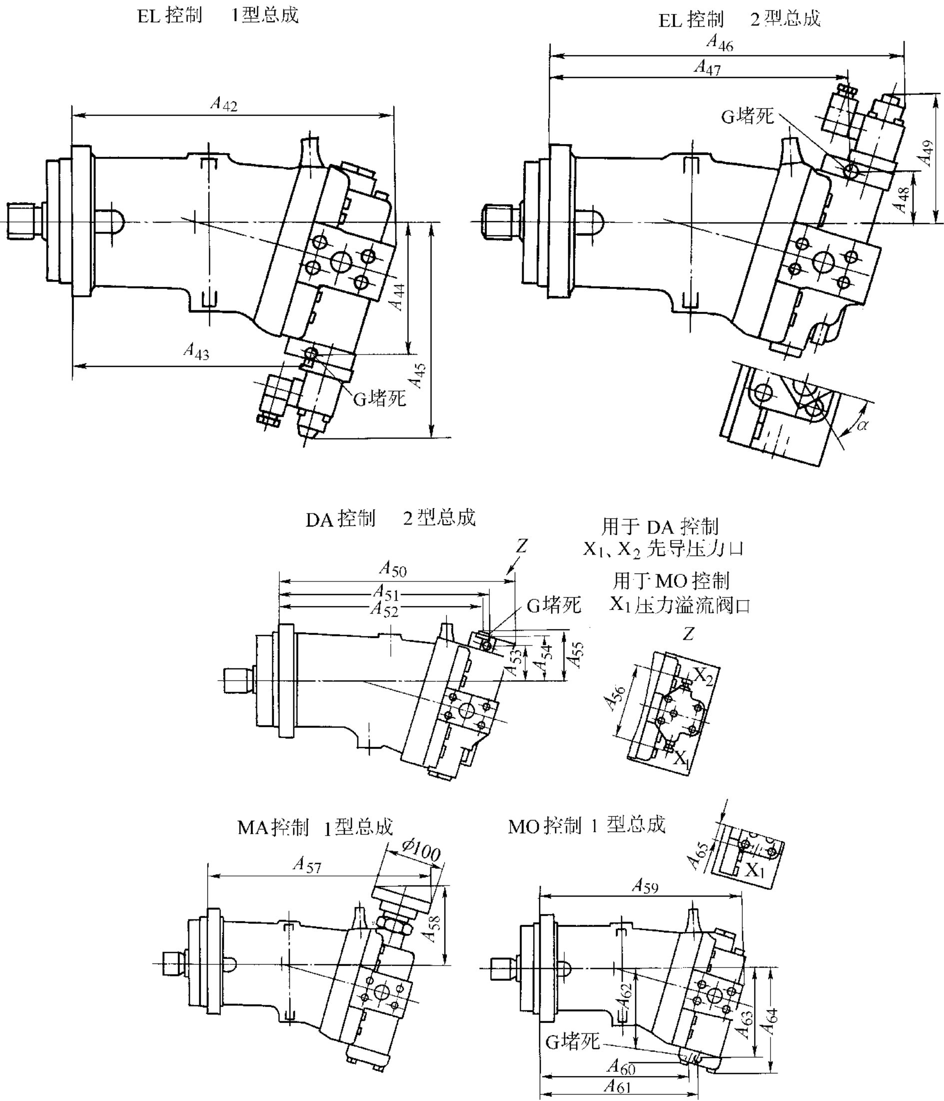
转矩常数	M_K 在 V_{gmax} 下	/N·m·MPa^{-1}	4.47	8.71	12.72	17.01	25.44	35.78	74.41
	M_K 在 V_{gmin} 下	/N·m·MPa^{-1}	1.29	2.51	3.66	4.90	7.31	10.30	21.47
最大转矩 $\Delta p = 35$MPa	M_{max} 在 V_{gmax} 下	/N·m	156	305	445	595	890	1252	2604
	M_{max} 在 V_{gmin} 下	/N·m	45	88	128	171	256	361	751
最大输出功率	P_{max} 在 35MPa 与 Q_{max} 下	/kW	78	120	156	187	247	310	519
惯性矩	J	/kg·m^2	0.0017	0.0052	0.0109	0.0167	0.0322	0.0532	0.225
重量	G	/kg	18	27	39	52	74	103	223
变量方式	HD 液压先导控制		●	●	●	●	●	●	●
	HA 高压自动控制		●	●	●	●	●	●	●
	DA 转速液压控制		●	●	●	●	●	●	
	EL 电气控制(带比例电磁铁)		●	●	●	●	●	●	●
	MO 转矩控制			●	●	●	●	●	
	MA 手动控制(带手轮)		●	●	●	●	●	●	

（3）外形尺寸(见表 22.6-26、图 22.6-40)

表 22.6-26　A6V 型斜轴式变量马达外形尺寸　　（mm）



（续）



规格	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}	A_{18}	A_{19}	A_{20}	A_{21}	A_{22}
28	249	230	206	189	107	75	16	25	8	15	19	43	M16×1.5	50.8	20	100	M8	21.5	33	50	57	64
55	312	291	264	249	123	108	20	32	10	7	28	35	M18×1.5	50.8	20	125	M12	25	40	63	52	60
80	368	345	316	297	152	137	23	32	10	7	28	40	M18×1.5	57.2	25	140	M12	30	46	71	59	68
107	378	356	326	301	145	130	25	40	10	7.5	28	45	M18×1.5	57.2	25	160	M12	35	49	80	63	71
160	440	412	377	354	213	156	28	40	11.5	7.5	36	50	M22×1.5	66.7	32	180	M16	40	57	88	66	77
225	468	441	405	375	222	162	32	50	12	11.5	36	55	M22×1.5	66.7	32	200	M16	45.2	61	96	74	85

规格	A_{23}	A_{24}	A_{25}	A_{26}	A_{27}	深	A_{28}	A_{29}	A_{30}	A_{31}	A_{32}	A_{33}	A_{34}	A_{35}	A_{36}	A_{37}	A_{38}	A_{39}	A_{40}	A_{41}
28	81	23.8	45	110	M10	17	125	118	11	116	27.9	25	50	230	152	176	124	131	139	M27×2
55	84	23.8	53	132	M10	17	160	150	13.5	142	33	30	60	301	208	235	133	141	153	M33×2
80	99	27.8	64	150	M12	18	180	165	13.5	172	38	35	70	353	252	282	152	161	177	M42×2
107	104	27.8	64	162	M12	18	200	190	17.5	178	43	40	80	357	259	288	164	173	188	M42×2
160	108	31.8	70	182	M14	19	224	210	17.5	208	48.5	45	90	423	302.5	338	182.5	193	201	M48×2
225	121	31.8	70	199	M14	21	250	236	22	226	53.5	50	100	441	324	359	201	211	219	M48×2

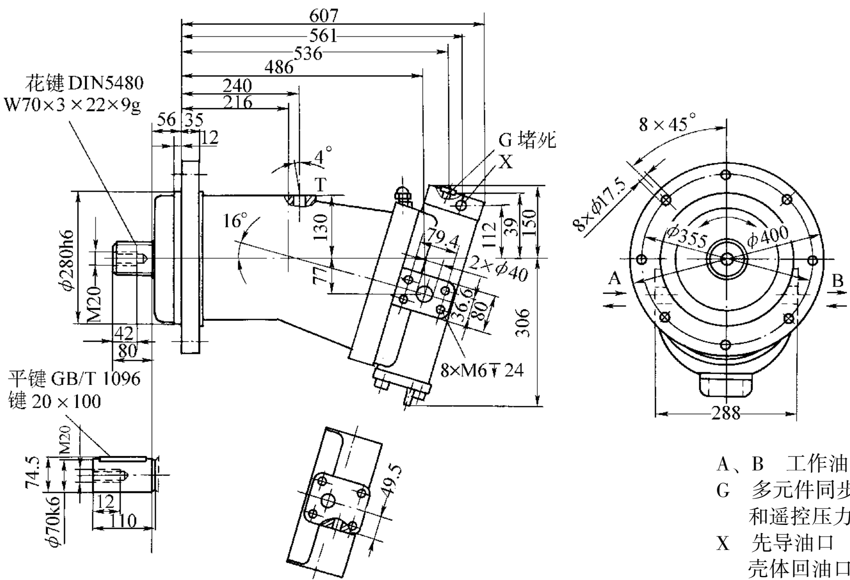
（续）

规格	A_{42}	A_{43}	A_{44}	A_{45}	A_{46}	A_{47}	A_{48}	A_{49}	A_{50}	A_{51}	A_{52}	A_{53}	A_{54}	A_{55}	A_{56}	A_{57}	A_{58}	A_{59}	A_{60}	A_{61}	A_{62}
28	230	164	119	204	266	212	53	131	253	212	209	53	73	—	144	269	128	—	—	—	—
55	301	223	129	213	334	274	48	124	317	272	268	49	70	77	146	329	134	301	208	224	138
80	353	267	148	240	382	326	56	137	371	326	322	56	77	83	152	381	138	353	252	268	157
107	357	269.5	160	254	394	333	61.5	144	380	336	332	59	81	88	152	390	137	357	257	273	169
160	423	313	177	265	452	386	70	139	442	387	383	65	86	94	158	441	149	423	300	312	187
225	441	334	196	284	481	414	74.5	147	471	416	411	73	95	—	158	470	155	441	322	334	206

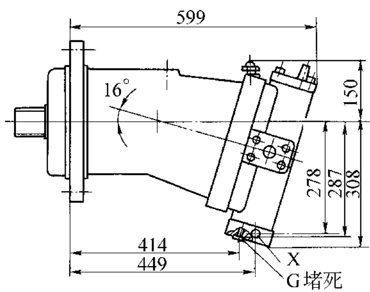
规格	A_{63}	A_{64}	A_{65}	C_1	C_2	C_3	平键 GB/T 1096	花键 DIN 5480	花键 GB/T 3478.1	α	G	X	/kg
28	—	—	—	1.2	12	0.8	键 8×40	W25×1.25×18×9g	EXT18Z×1.25m×30R×5f	45°	M12×1.5	M14×1.5	18
55	130	155	30	1.5	16	1.5	键 8×50	W30×2×14×9g	EXT14Z×2m×30R×5f	45°	M14×1.5	M14×1.5	27
80	149	177	33	1.5	16	1.6	键 10×56	W35×2×16×9g	EXT16Z×2m×30R×5f	0°	M14×1.5	M14×1.5	39
107	161	188	33	2	20	1.6	键 12×63	W40×2×18×9g	EXT18Z×2m×30R×5f	0°	M14×1.5	M14×1.5	52
160	178	206	34	2.5	20	2.5	键 14×70	W45×2×21×9g	EXT21Z×2m×30R×5f	45°	M14×1.5	M14×1.5	74
225	197	225	34	4	25	2.5	键 14×80	W50×2×24×9g	EXT24Z×2m×30R×5f	45°	M14×1.5	M14×1.5	103

A6V468 型

HD 控制　2 型总成



HD 控制　1型总成



EL 控制　1型总成

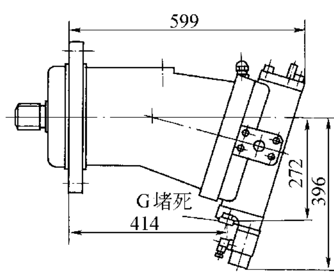


图 22.6-40　A6V468 马达外形尺寸

EL控制　2型总成

HA控制　1型总成

图22.6-40　A6V468马达外形尺寸(续)

1.7.8　B型轴向柱塞马达

(1) 型号说明

固定机械用马达：

F3 - MVB 5 - F R S F X Y - 20 - C - 11

液压油：F_3—磷酸酯(其他液压液略)

基本型号—MVB-B系列变量马达-MFB-B系列定量马达

排量/mL·r⁻¹　5—10.55　6—13.81　10—21.1　15—33.0　20—42.8　29—61.6　45—94.5

安装方式：F—脚架安装(整体脚架、法兰安装略)

传动轴旋转方向：R—右转；L—左转；U—双向(仅指马达)

斜盘运动范围：S—中心一侧(仅压力补偿) D—中心二侧(仅手轮和杠杆变量)

油口连接方式：F—法兰连接(仅20以上)，螺纹连接略

油口位置：W—侧向油口单出轴；X—侧向油口双出轴，轴向油口略

轴伸：Y—标准轴伸，对PVB20/29/45略，短轴轴伸略—对PVB5/10/15

主体设计序号：20—对PVB5/6/20/29/45，31—对PVB10/15

变量型式：C—压力补偿。调压范围：1.8～21MPa(对PVB5/10/20/45)，1.8～14MPa(对PVB6/15/29)，CC—最大排量可调。CM—中压压力补偿。调压范围：1.8～10.5MPa，CMC—最大排量可调。CG—遥控压力补偿(PVB45无)，CCG—最大排量可调。CV—负荷感应压力补偿(PVB45无)，CGV—遥控负荷感应压力补偿(PVB45无)。CVP—限压式负荷感应压力补偿(PVB45无)。CD—电控双级压力补偿(PVB45无)，CCD—最大排量可调，CDH—液控双级压力补偿(PVB45无)，CCDH—最大排量可调。CE—带起动阀压力补偿(PVB45无)，D—推杆伺服(仅PVB45)。M—杠杆变量(仅PVB5/6/10/15)。H—手轮变量(仅PVB5/6/10/15)

设计序号：11—对所有泵和马达

行走机械用马达：

M - MVB　29 - U　S　G - 10 - C - L - 10 - 032

- M：行走机械：对 PVB5/6/10，MFB5/10/20 符号略
- MVB：基本符号：MVB—B 系列变量马达　MFB—B 系列定量马达
- 29：排量/mL・r⁻¹　5—10.55；6—13.81；10—21.1；15—33.0；20—42.8；29—61.6；45—94.5
- U：传动轴旋方向：R—右转，对推杆伺服和压力补偿；L—左转，对推杆伺服和压力补偿；U—双向，对马达和杠杆变量泵
- S：斜盘运动范围：S—中心一侧(推杆伺服和压力补偿)，D—中心二侧(杠杆变量)
- G：轴伸和油口：E—花键轴伸，法兰联接油口(仅 M—PVB45)；F—平键轴伸，法兰联接油口(仅 M—PVB45)；G—花键轴伸，螺纹联接油口(仅 PVB10/20/29)平键轴伸，螺纹联接油口符号略(除 M—PVB45)
- 10：主体设计序号
- C：变量型式：C—压力补偿。调压范围：1.8～21MPa，D—推杆伺服(仅 M—PVB29)，M—杠杆变量(仅 PVB5/6/10/15)
- L：压力补偿转向：R—右转压力补偿，L—左转压力补偿
- 10：控制设计序号
- 032：特殊说明：032—壳体内部泄油，145—端面密封

(2) 技术规格(见表 22.6-27)

表 22.6-27　技术规格

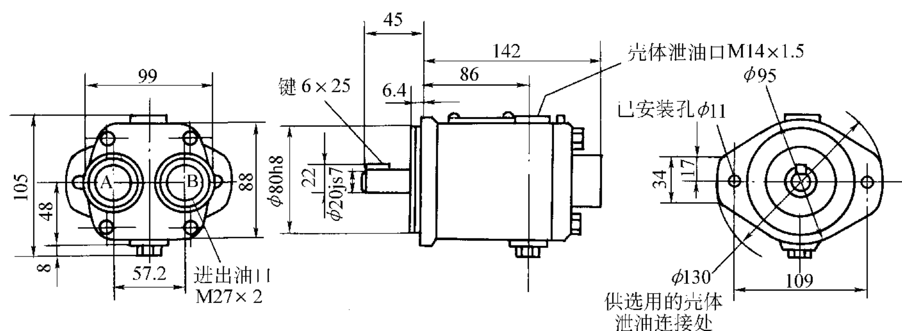
基 本 型 号	几何排量 /mL・r^{-1}	最高转速 /r・min^{-1}	最低稳定转速 /r・min^{-1}	最高工作压力 /MPa	最大输出转矩 /N・m	重量 /kg
MFB5①	10.55	3600	100	20.7	31	5
MFB10①	21.10	3200	100	20.7	64	10
MFB20①	42.80	2400	50	17.2	101	19
MFB29①	61.60	2400	50	20.7	178	29
MFB45	94.50	2200	100	20.7	271	33
MVB5①	10.55	3600	300	20.7	31	33
MVB10①	21.10	3200	300	20.7	61	8
M-MFB20	16.60	2600	50	17.2	169	17
M-MVB29	61.60	2600/1200	300	17.2	169	25
M-MFB45	94.50	2400	100	17.2	258	33

① 用于行走机械。

(3) 外形尺寸(见表 22.6-28)

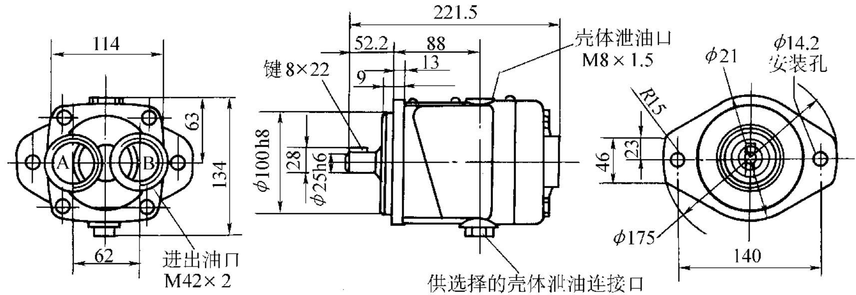
表 22.6-28　B 型轴向柱塞马达外形尺寸

MFB5-UY-20

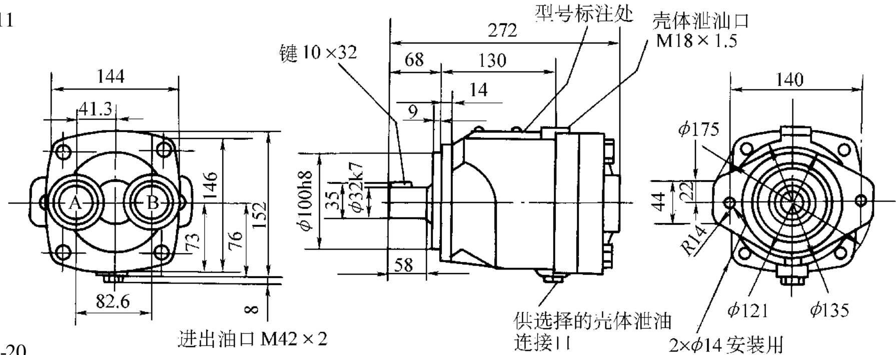


（续）

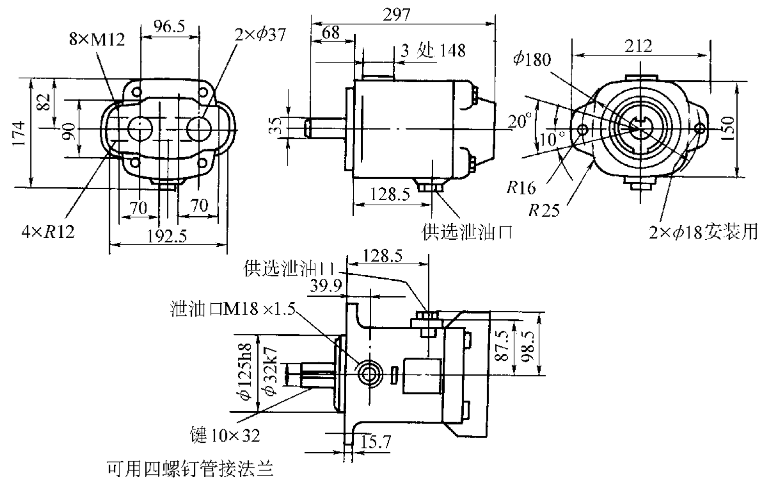
MFB10-UY-30



MFB20-U-11

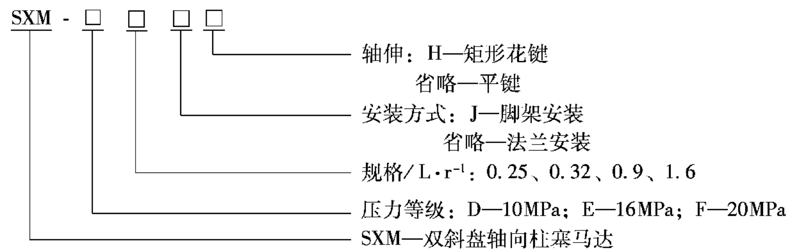


MFB29-UF-20



1.7.9 SXM 型柱塞马达

(1) 型号说明



（2）技术规格(见表 22.6-29)

表 22.6-29　技术规格

型　号	排量 /L·r^{-1}	压力/MPa		转速/r·min^{-1}		转矩/N·m		功率 /kW	重量 /kg
		额定	最高	额定	最高	额定	最高		
SXM-F0.25	0.25	20	32.0	15～250	300	740	1180	19.0	51
SXM-F0.32	0.32	10	12.5	5～80	100	464	580	13.8	51
SXM-F0.9	0.90	20	25.0	8～100	125	2500	3120	25.6	156
SXM-F1.6	1.60	16	25.0	5～100	150	3700	5770	38.0	240

（3）外形尺寸(见图 22.6-41～44)

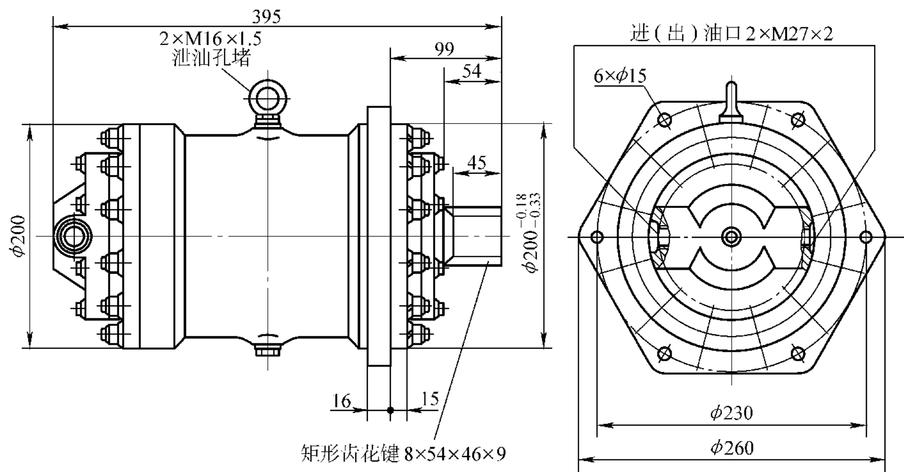


图 22.6-41　SXM-F0.25-H 和 SXM-D0.32-H 型马达外形尺寸

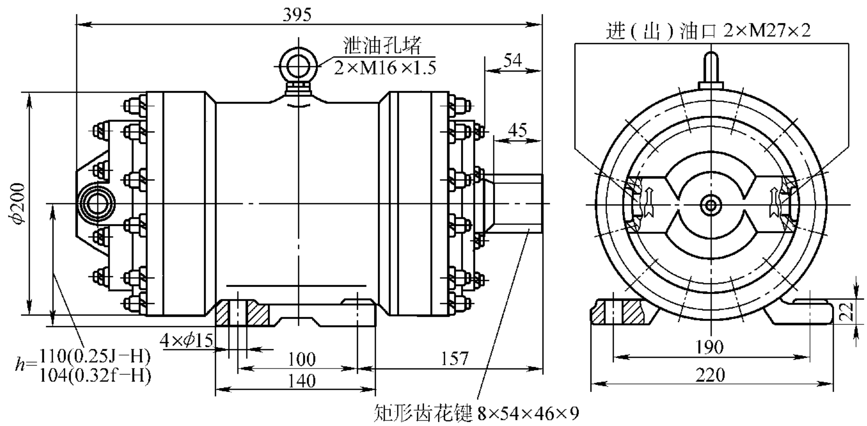


图 22.6-42　SXM-F0.25J-H 和 SXM-D0.32J-H 型马达外形尺寸

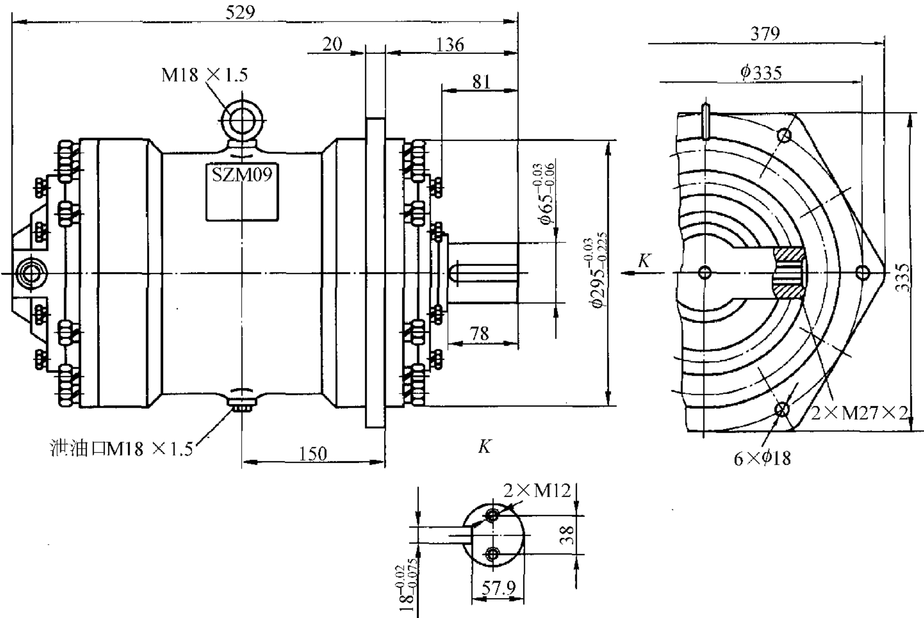


图22.6-43　SXM-F0.9型马达外形尺寸

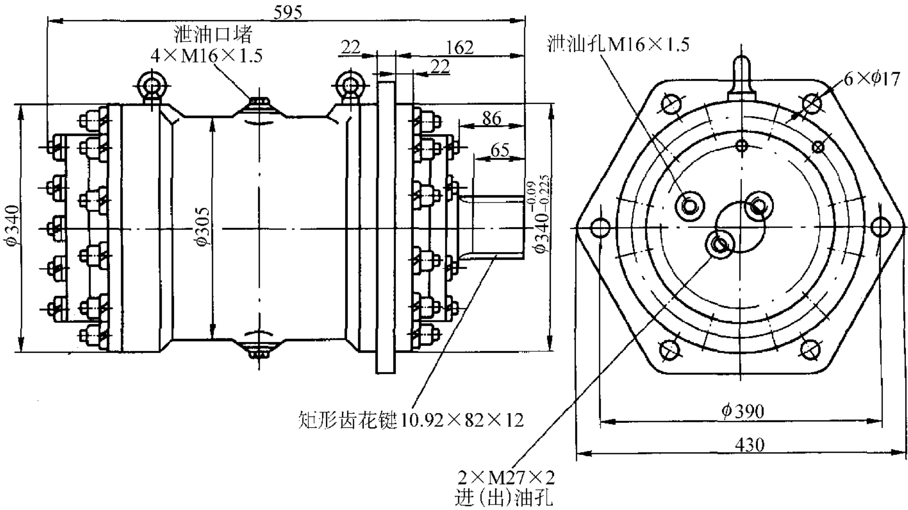
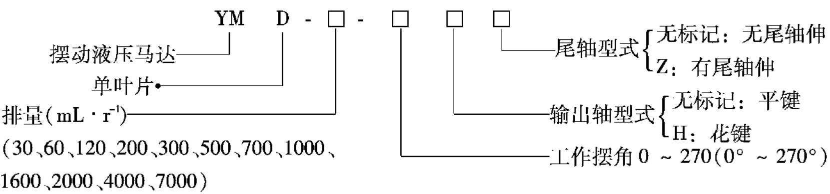


图22.6-44　SXM-E1.6-H型马达外形尺寸

1.8　摆动液压马达产品

1.8.1　YMD型单叶片摆动马达

（1）型号说明



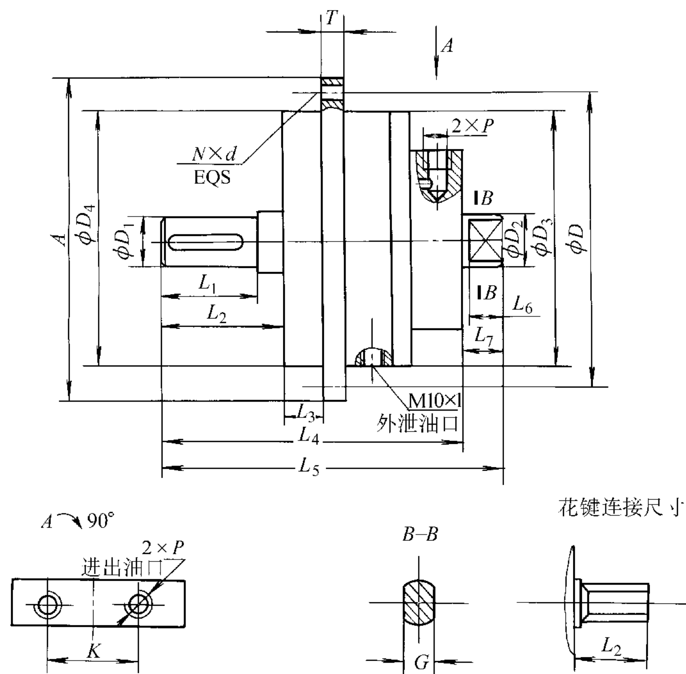
(2) 技术规格(见表 22. 6-30)

表 22. 6-30　技术规格

型　　号	摆角 /(°)	额定压力 /MPa	额定理论转矩 /N·m	排量 /mL·r^{-1}	内泄漏量/mL·min^{-1}		额定理论起动转矩 /N·m	重量 /kg
					摆角 90°	摆角 270°		
YMD-30	90 180 270	14	71	30	300	315	24	5. 3
YMD-60			137	60	390	410	46	6
YMD-120			269	120	410	430	96	11
YMD-200			445	200	430	450	162	21
YMD-300			667	300	450	470	243	23
YMD-500			1116	500	480	500	404	40
YMD-700			1578	700	620	650	571	44
YMD-1000			2247	1000	690	720	894	75
YMD-1600			3360	1600	780	820	1400	70
YMD-2000			4686	2000	950	990	1973	85
YMD-4000			9100	4000	1160	1220	3570	100
YMD-7000			20000	7000	1280	1340	6570	120

(3) 外形尺寸(见表 22. 6-31)

表 22. 6-31　YMD 型单叶片摆动马达外形尺寸　(mm)



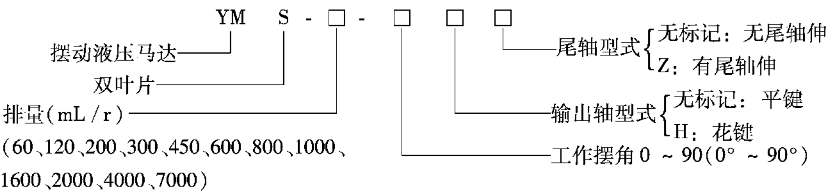
（续）

型　　号	A	ϕD (h3)	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	ϕD_4	L_1	L_2	L_3	90°		180°、270°	
										L_4	L_5	L_4	L_5
YMD-30	125×125	125	20	20	100	100	36	46	15	—	—	116	132
YMD-60	125×125	125	20	20	100	100	36	46	15	116	132	130	145
YMD-120	150×150	160	25	25	130	125	42	52	15	137	153	149	165
YMD-200	190×190	200	32	32	168	160	58	68	18	169	190	177	198
YMD-300	190×190	200	32	32	168	160	58	68	18	179	200	191	202
YMD-500	236×236	250	40	40	206	200	82	92	20	228	254	238	264
YMD-700	236×236	250	40	40	206	200	82	92	20	238	264	255	287
YMD-1000	301×301	315	50	50	260	250	82	92	25	247	278	268	299
YMD-1600	ϕ300	260	65	65	232	220	82	102	20	302	332	302	332
YMD-2000	ϕ320	280	71	71	244	225	105	108	20	302	332	302	332
YMD-4000	ϕ320	282	90	90	252	225	140	161	21	402	442	402	442
YMD-7000	ϕ360	330	90	90	300	300	140	161	21	402	442	402	442

型　　号	L_6	L_7	T	K	G	N	d	P(油口)	与输出轴的连接方式	
									平　　键	花　　键
									GB/T 1096—2003	GB/T 1144—2001
YMD-30	12	16	15	23	14	4	ϕ11	M10×1.0-6H	6×6	6×16×20×4
YMD-60	12	16	15	23	14	4	ϕ11	M10×1.0-6H	6×6	6×16×20×4
YMD-120	12	16	15	30	14	4	ϕ14	M10×1.0-6H	8×7	6×21×25×5
YMD-200	16	21	18	39	21	4	ϕ18	M14×1.5-6H	10×8	6×28×32×7
YMD-300	16	21	18	39	21	4	ϕ18	M14×1.5-6H	10×8	6×28×32×7
YMD-500	20	26	20	48	21	4	ϕ22	M18×1.5-6H	12×8	8×36×40×7
YMD-700	20	26	20	48	21	4	ϕ22	M18×1.5-6H	12×8	8×36×40×7
YMD-1000	25	31	25	58	26	4	ϕ26	M22×1.5-6H	14×9	8×46×50×9
YMD-1600	30	34	25	60	30	6	ϕ18	M18×1.5-6H	18×11	8×56×65×10
YMD-2000	30	34	25	80	34	6	ϕ18	M18×1.5-6H	20×12	8×62×72×12
YMD-4000	34	40	25	60	45	12	ϕ18	M27×2.0-6H	25×14	10×82×92×12
YMD-7000	34	40	25	60	55	16	ϕ18	M27×2.0-6H	25×14	10×82×92×12

1.8.2　YMS 型双叶片摆动马达

（1）型号说明



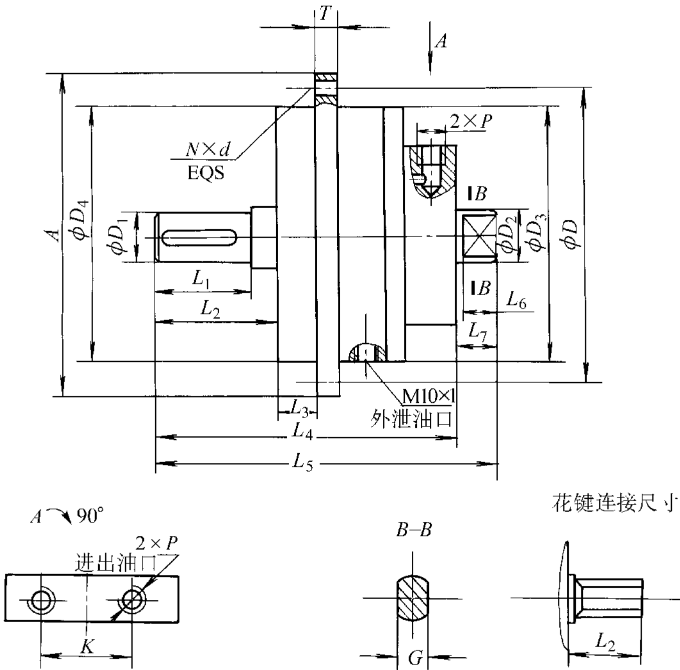
（2）技术规格（见表 22.6-32）

表 22.6-32　技术规格

型　号	最大摆角 /(°)	额定压力（进出油口压力）/MPa	额定理论转矩 /N·m	排量 /mL·r^{-1}	内泄漏量 /mL·min^{-1}	额定理论起动转矩 /N·m	重量 /kg
YMS-60	90	14	142	60	480	48	5.3
YMS-120			282	120	530	104	10
YMS-200			488	200	570	167	20
YMS-300			732	300	700	251	22
YMS-450			1031	450	700	379	38
YMS-600			1363	600	800	501	41
YMS-800			1814	800	850	722	68
YMS-1000			2268	1000	1070	883	71
YMS-1600			3360	1600	1090	1410	80
YMS-2000			4686	2000	1150	1770	85
YMS-4000			9096	4000	1220	3530	101
YMS-7000			20000	7000	1250	6180	121

（3）外形尺寸（见表 22.6-33）

表 22.6-33　YMS 型双叶片摆动马达外形尺寸　（mm）



型　号	A	ϕD (h3)	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	ϕD_4	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
YMS-60	125×125	125	20	20	100	100	36	46	15	116	132
YMS-120	150×150	160	25	25	130	125	42	52	15	137	153
YMS-200	190×190	200	32	32	168	160	58	68	18	169	190
YMS-300	190×190	200	32	32	168	160	58	68	18	179	200
YMS-450	236×236	250	40	40	206	200	82	92	20	228	254
YMS-600	236×236	250	40	40	206	200	82	92	20	238	264
YMS-800	301×301	315	50	50	260	250	82	92	25	247	278
YMS-1000	301×301	315	50	50	260	250	82	92	25	256	287

（续）

型　　号	A	ϕD (h3)	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	ϕD_4	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
YMS-1600	ϕ300	260	65	65	232	220	82	102	20	302	332
YMS-2000	ϕ320	280	71	71	244	225	105	108	20	302	332
YMS-4000	ϕ320	282	90	90	252	225	140	161	21	402	442
YMS-7000	ϕ360	330	90	90	300	300	140	161	21	402	442

型　　号	L_6	L_7	T	K	G	N	d	P(油口)	与输出轴的连接方式	
									平　　键	花　　键
									GB/T 1096—2003	GB/T 1144—2001
YMS-60	12	16	15	23	14	4	ϕ11	M10×1.0-6H	6×6	6×16×20×4
YMS-120	12	16	15	30	14	4	ϕ14	M10×1.0-6H	8×7	6×21×25×5
YMS-200	16	21	18	39	21	4	ϕ18	M14×1.5-6H	10×8	6×28×32×7
YMS-300	16	21	18	39	21	4	ϕ18	M14×1.5-6H	10×8	6×28×32×7
YMS-450	20	26	20	48	21	4	ϕ22	M18×1.5-6H	12×8	8×36×40×7
YMS-600	20	26	20	48	21	4	ϕ22	M18×1.5-6H	12×8	8×36×40×7
YMS-800	25	31	25	58	26	4	ϕ26	M22×1.5-6H	14×9	8×46×50×9
YMS-1000	25	31	25	58	26	4	ϕ26	M22×1.5-6H	14×9	8×46×50×9
YMS-1600	30	34	25	60	30	6	ϕ18	M18×1.5-6H	18×11	8×56×65×10
YMS-2000	30	34	25	60	34	6	ϕ18	M18×1.5-6H	20×12	8×62×72×12
YMS-4000	34	40	25	60	45	12	ϕ18	M27×2.0-6H	25×14	10×82×92×12
YMS-7000	34	40	25	60	55	16	ϕ18	M27×2.0-6H	25×14	10×82×92×12

1.8.3　BMR轴线配油摆线液压马达

（1）型号说明

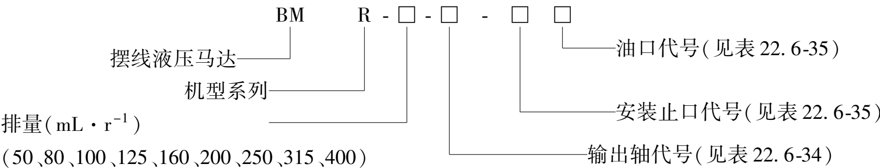


表22.6-34　输出轴代号　(mm)

代　　号	名　　称	轴外径 ϕC_2	键　参　数	L_2	L_4	花键有效长
P1	平键	ϕ25h7	8×32	43	28.2	—
P2		ϕ30h7	8×32	43	33.2	—
P3		ϕ25.4h7	6.35×32	43	28.4	—
P11		ϕ25h7	8×32	38	28.2	—
H1	矩形花键	ϕ30h7	6-30×25b12×6d10	43	—	32
H2		ϕ25h7	6-25×21b12×5d10	43	—	32

注：输出转向：A腔进油为顺时针旋转，B腔进油为逆时针旋转(从轴端看)。

表22.6-35　安装止口与油口代号　(mm)

安装止口代号	止口 ϕC_1	L_3	安装止口代号	止口 ϕC_1	L_3	油口代号	进出油口尺寸
A	ϕ82.5h8	11.3	AⅡ	ϕ82.5h8	11.3*	Y	G1/2*
A1	ϕ80h8	11.3	A1Ⅱ	ϕ80h8	11.3	Y1	M18×1.5
A10	ϕ82.5h8	6.5	A10Ⅱ	ϕ82.5h8	6.5	Y2	M22×1.5
A11	ϕ80h8	6.5	A11Ⅱ	ϕ80h8	6.5	Y5	7/8-14UNF
AⅣ	ϕ82.5h8	11.3	AⅢ	ϕ100h8	11.3	Y8	NPT 1/2

注：1. 带“*”为标准型，优先考虑。
2. G1/2、NPT1/2的单位为in。

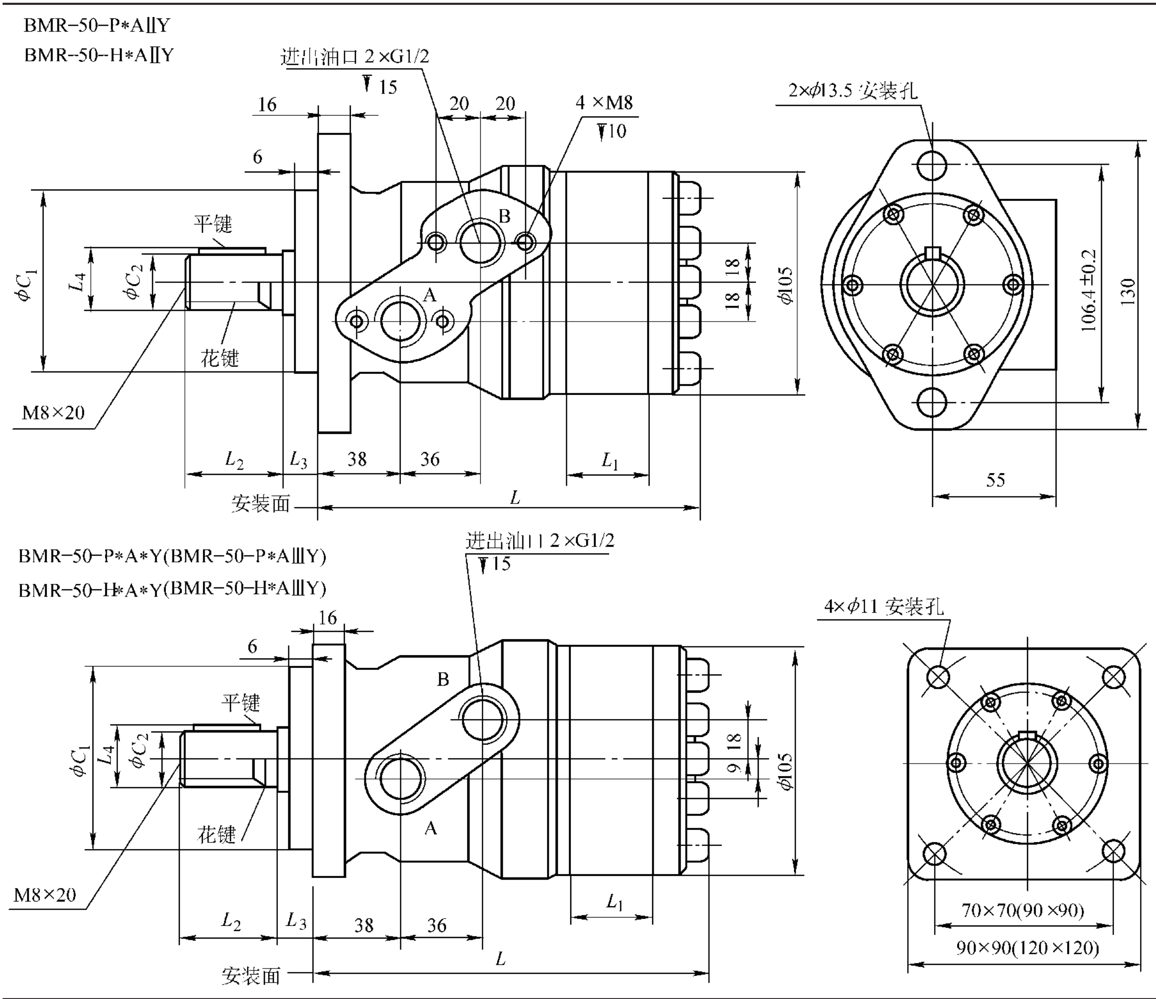
（2）技术规格（见表 22.6-36）

表 22.6-36　技术规格

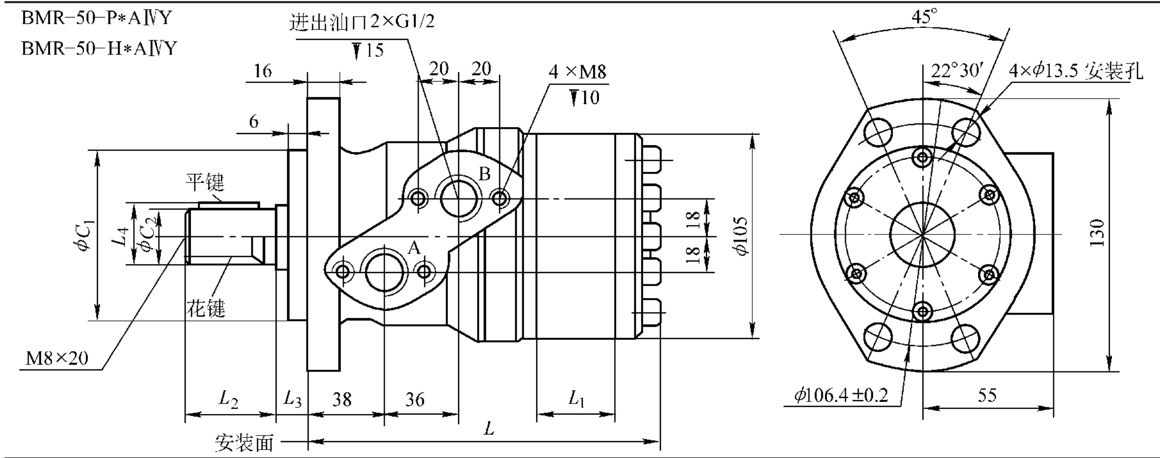
型　　号		BMR-36	BMR-50	BMR-80	BMR-100	BMR-125	BMR-160	BMR-200	BMR-250	BMR-315	BMR-400
排量/$mL \cdot r^{-1}$		34	50	80.5	100	125.7	159.7	200	250	314.9	389
最大压降（连续）/MPa		14	14	14	14	14	14	14	11	9	7
最大转矩（连续）/N·m		60	93	152	194	237	310	369	380	380	360
转速范围（连续）/$r \cdot min^{-1}$		10～830	10～775	10～750	10～600	9～475	7～375	5～300	5～240	5～190	5～160
最大流量（连续）/$L \cdot min^{-1}$		30	40	60	60	60	60	60	60	60	60
最大输出功率（连续）/kW		5	7	10	10	10	10	8	6	5	4
进油口最大压力（连续）/MPa		17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
重量/kg		6.3	6.5	6.9	7.0	7.3	7.5	8.0	8.5	9.0	11
长度/mm	L_1	6	9	14	17.5	22	28	35	44	56	70
	L	136	139	144	147.5	152	158	165	174	186	200

（3）外形尺寸（见表 22.6-37）

表 22.6-37　BMR 轴线配油摆线液压马达外形尺寸



（续）



1.8.4　BM3 型端面配油摆线马达

（1）型号说明

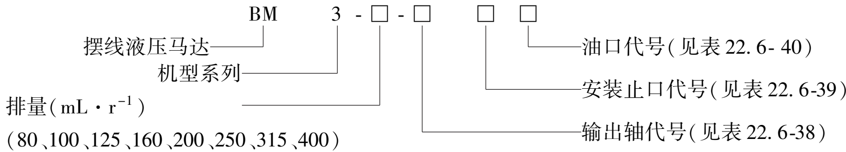


表 22.6-38　输出轴代号　　(mm)

代　　号	名　　称	轴外径 ϕC_2	L_3	键　参　数	L_1	L_2
P	平键	ϕ32h7	35	10×45	—	56.5*
P1		ϕ25h7	28.2	8×32	—	40.5
P2		ϕ32h7	35	10×40	—	49.5
P3		ϕ25.4h7	28.4	6.35×32	—	41.5
H1	矩形花键	ϕ30h7	—	6-30×25b12×6d10	32	45.5*
H2		ϕ25h7	—	6-25×21b12×5d10	32	45.5

注：输出转向：A 腔进油时为顺时针旋转，B 腔进油时为逆时针旋转(从端轴看)。带“*”为标准型，优先考虑。

表 22.6-39　安装止口代号　(mm)

安装止口代号	止口尺寸 ϕC_1
A	ϕ82.5h8*
AⅠ	ϕ80h8
AⅡ	ϕ82.5h8*
AⅢ	ϕ80h8
AⅣ	ϕ82.5h8

注：带“*”为标准型，优先考虑。

表 22.6-40　油口代号　(mm)

代　　号	进出油口代号	泄　油　口
Y	G1/2	G1/4*
Y1	M18×1.5	M14×1.5
Y2	M22×1.5	M14×1.5
Y5	$\frac{7}{8}$-14UNF	$\frac{7}{16}$-20UNF
Y8	NPT1/2	G1/4

注：1. 带“*”为标准型，优先考虑。
2. G1/2，G1/4，NPT1/2 单位为 in。

（2）技术规格(见表 22.6-41)

表 22.6-41　技术规格

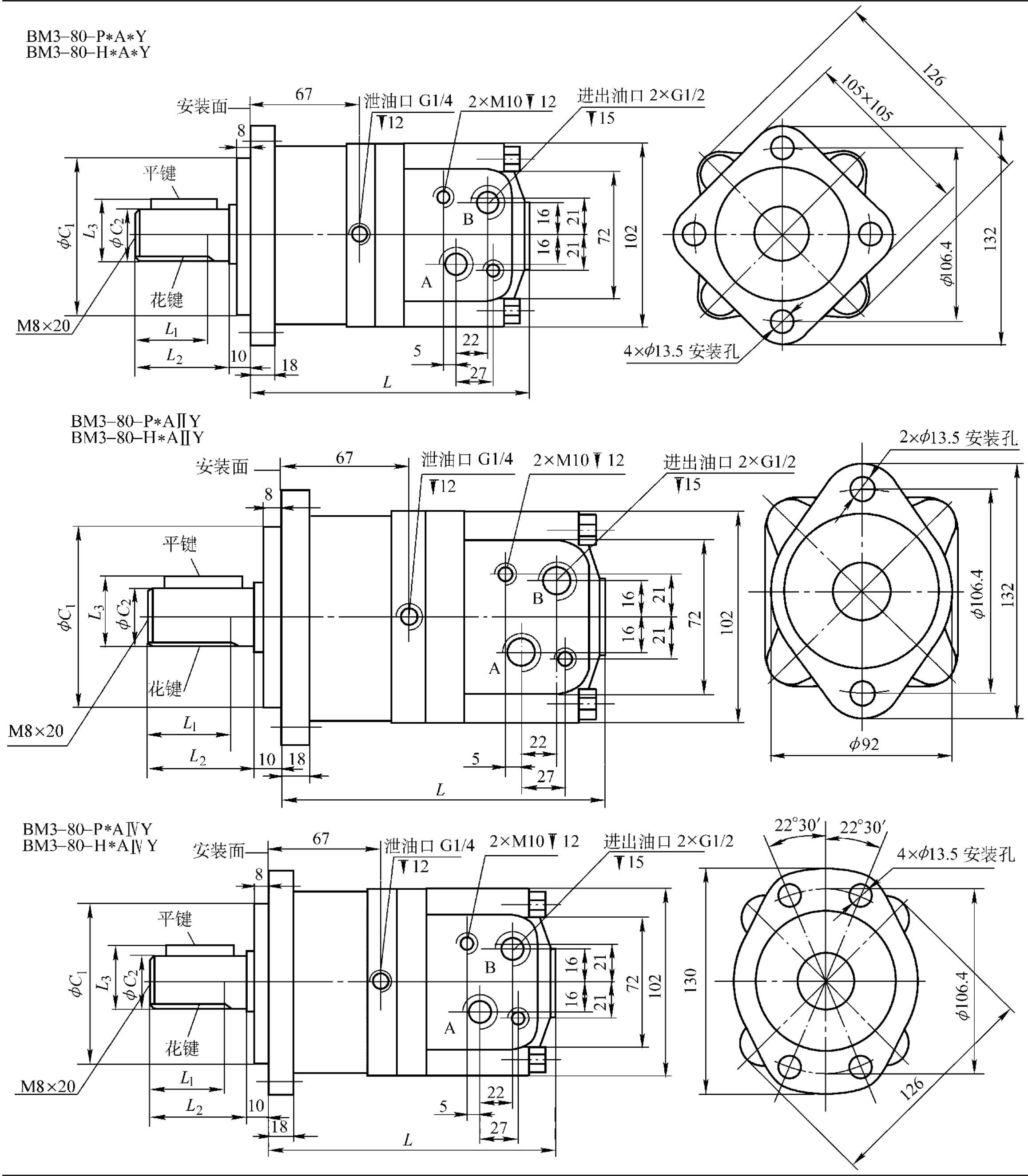
型　　号	BM3-80 BM3S-80	BM3-100 BM3S-100	BM3-125 BM3S-125	BM3-160 BM3S-160	BM3-200 BM3S-200	BM3-250 BM3S-250	BM3-315 BM3S-315	BM3-400 BM3S-400
排量/mL · r⁻¹	80.5	100	125.7	159.7	200	250	314.9	389
最大压降(连续)/MPa	16	16	16	14	14	11	10	8
最大转矩(连续)/N · m	175	215	270	300	378	380	425	415
转速范围(连续)/r · min⁻¹	10~810	10~750	9~600	7~470	6~375	6~300	5~240	5~180

（续）

型　号	BM3-80 BM3S-80	BM3-100 BM3S-100	BM3-125 BM3S-125	BM3-160 BM3S-160	BM3-200 BM3S-200	BM3-250 BM3S-250	BM3-315 BM3S-315	BM3-400 BM3S-400
最大流量(连续)/L·min⁻¹	65	75	75	75	75	75	75	75
最大输出功率(连续)/kW	14	16	16	14	14	11	10	8
进油口最大压力(连续)/MPa	20	20	20	20	20	17.5	17.5	17.5
重量/kg	9.8	10.0	10.3	10.7	11.1	11.6	12.3	13.1
长度 L/mm	167	170	175	181	188	197	208	222

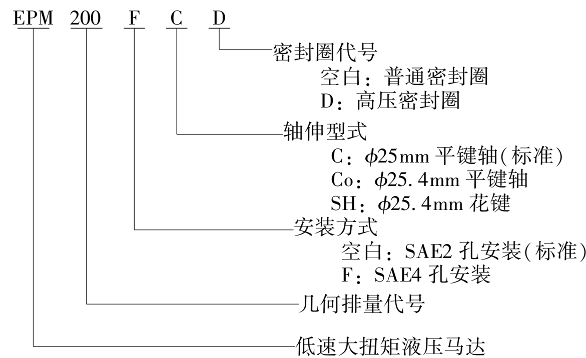
（3）外形尺寸(见表22.6-42)

表22.6-42　BM3型端面配油摆线马达外形尺寸



1.9　EPM 型低速大扭矩液压马达

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.6-43)

表 22.6-43　技术规格

型号		排量 /mL·r^{-1}	最高转速 /r·min^{-1}		最大转矩/N·m			最大输出功率/kW		最大压降/MPa			最大流量 /L·min^{-1}		最高输入压力 /MPa		
			持续	间歇	持续	间歇	峰值	持续	间歇	持续	间歇	峰值	持续	间歇	持续	间歇	峰值
EPM50＊＊		49.5	1210	1515	79	119	140	8.5	12.5	12.0	17.5	22.5	60	75	14.0	17.5	22.5
EPM80＊＊		79.2	755	945	j32	195	220	8.5	12.5	12.0	17.5	22.5					
EPM100＊＊		99	605	755	164	237	270	8.5	12.5	12.0	17.5	22.5					
EPM125＊＊		123.8	486	605	205	298	365	8.5	12.5	12.0	17.5	22.5					
EPM160＊＊		158.4	378	472	264	378	420	8.5	12.5	12.0	14.0	22.5					
EPM200	C/Co	198	303	378	265	326	530	8.5	11.2	10.0	14.0	22.5					
	SH				300	365	530	9.5	12.5	11.5	14.0	22.5					
EPM250	C/Co	247.5	242	303	276	355	540	7	11.5	8.5	11.0	18.0					
	SH				330	405	540	6	12.5	10.0	12.5	18.0					
EPM315	C/Co	316.8	190	236	290	366	590	4	5.5	7.0	9.0	16.0					
	SH				347	402	590	5.5	6	8.5	10.0	16.0					
EPM400	C/Co	396	150	189	285	360	590	3	5	5.5	7.0	13.0					
	SH				335	410	590	4.5	6.5	6.5	8.0	13.0					

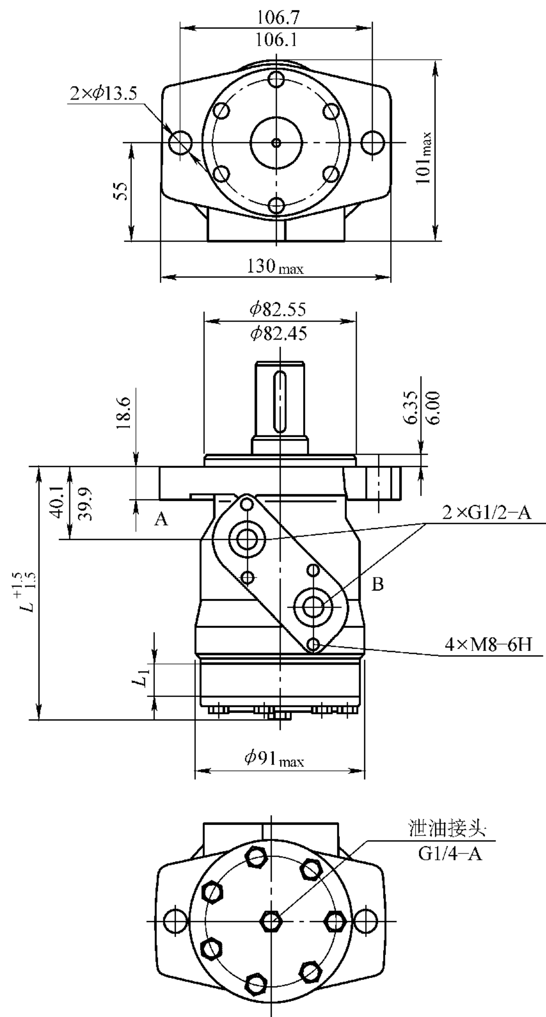
型号		最高泄油压力或不带泄油管的最高回油压力/MPa				带泄油管的最高回油压力/MPa			无负载时最高起动压力/MPa	最低起动转矩/N·m		最低转速 /r·min^{-1}	重量 /kg
		0~100 /r·min^{-1}	100~300 /r·min^{-1}	>300 /r·min^{-1}	0~MAX /r·min^{-1}					最高持续压降时	最高间歇压降时		
		持续	持续	持续	间歇	持续	间歇	峰值					
EPM50＊＊		7.5	5.0	2.5	7.5	14.0	17.5	22.5	1.0	66	100	10	5.8
EPM80＊＊									1.0	120	168		5.9
EPM100＊＊									1.0	144	210		6.1
EPM125＊＊									0.9	180	260		6.2
EPM160＊＊									0.9	240	350		6.4
EPM200	C/Co								0.5	241	313		6.6
	SH								0.5	285	341		6.6
EPM250	C/Co								1.0	265	340		6.8
	SH								1.0	315	94		6.8
EPM315	C/Co								1.0	265	340		7.1
	SH								1.0	326	380		7.1
EPM400	C/Co								0.9	265	340		7.6
	SH								0.9	316	390		7.6

注：1. 间歇值时间每分钟不得超过 10%。
2. 峰值时间每分钟不得超过 1%。
3. 间歇压力和间歇转速不得同时出现。

（3）外形尺寸(见表 22.6-44)

表 22.6-44　EPM 低速大扭矩液压马达外形尺寸

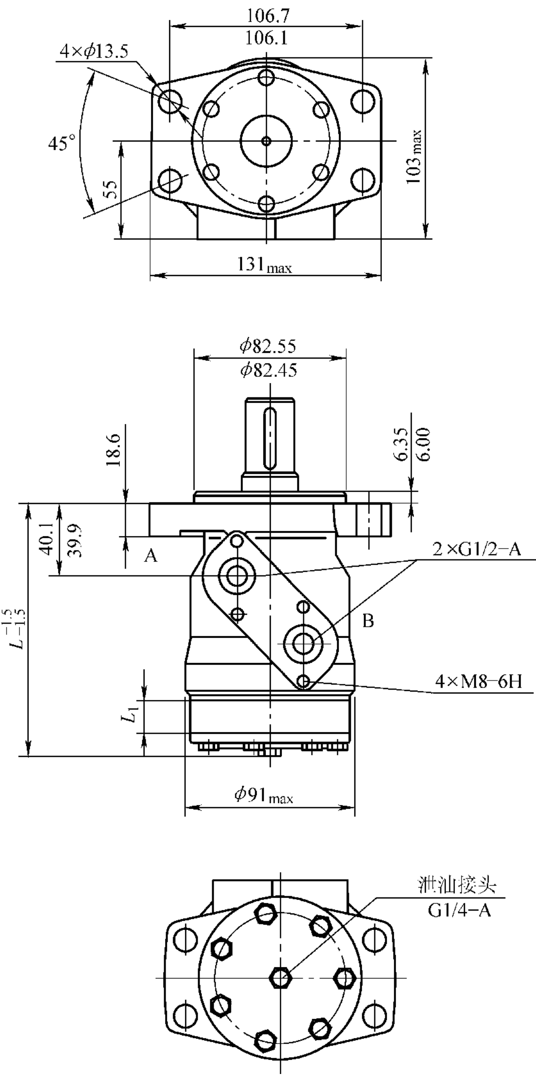
安装法兰：SAE 两孔型式



型　　号	L/mm	L_1/mm	型　　号	L/mm	L_1/mm
EPM50	136.9	6.67	EPM200	156.9	26.67
EPM80	140.9	10.67	EPM250	163.6	33.33
EPM100	143.6	15.33	EPM315	172.9	42.67
EPM125	146.9	16.67	EPM400	182.6	53.33
EPM160	151.6	21.33			

（续）

安装法兰：SAE 四孔型式



型　　号	L/mm	L_1/mm	型　　号	L/mm	L_1/mm
EPMF50	136. 9	6. 67	EPMF200	156. 9	26. 67
EPMF80	140. 9	10. 67	EPMF250	163. 6	33. 33
EPMF100	143. 6	15. 33	EPMF315	172. 9	42. 67
EPMF125	146. 9	16. 67	EPMF400	182. 6	53. 33
EPMF160	151. 6	21. 33			

2 液压缸

2.1 液压缸的基本尺寸参数

2.1.1 液压缸内径及活塞杆外径尺寸系列

液压缸的缸筒内径尺寸系列参见表22.1-9。
液压缸活塞杆外径尺寸系列参见表22.1-10。

2.1.2 液压缸行程系列

液压缸行程系列参见表22.1-11 ~ 表22.1-13。

当活塞行程 > 4000mm 时，按 GB/T 321—2005《优先数和优先数列》中 R10 数系选用，如不能满足要求时，允许按 R40 数系选用。

2.1.3 液压缸活塞杆螺纹型式和尺寸系列（摘自 GB/T 2350—1980）

（1）活塞杆螺纹型式

活塞杆螺纹有三种型式分别如图22.6-45 ~ 图22.6-47所示。

（2）活塞杆尺寸系列(见表22.6-45)

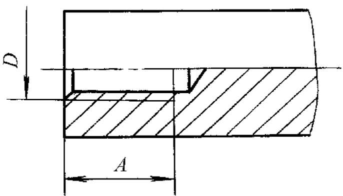


图22.6-45 内螺纹

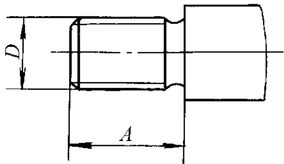


图22.6-46 外螺纹(带肩)

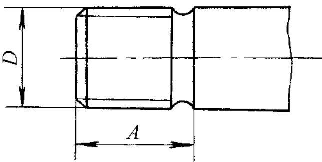


图22.6-47 外螺纹(无肩)

表22.6-45 液压缸气缸活塞杆螺纹尺寸系列 (mm)

直径与螺距 $D\times t$	螺纹长 L		直径与螺距 $D\times t$	螺纹长 L		直径与螺距 $D\times t$	螺纹长 L		直径与螺距 $D\times t$	螺纹长 L	
	短型	长型		短型	长型		短型	长型		短型	长型
M3×0.35	6	9	M14×1.5	18	28	M42×2	56	84	M140×4	140	
M4×0.5	8	12	M16×1.5	22	32	M48×2	63	96	M160×4	160	
M4×0.7*	8	12	M18×1.5	25	36	M56×2	75	112	M180×4	180	
M5×0.5	10	15	M20×1.5	28	40	M64×3	85	128	M200×4	200	
M6×0.75	12	16	M22×1.5	30	44	M72×3	85	128	M220×4	220	
M6×1*	12	16	M24×2	32	48	M80×3	95	140	M250×6	250	
M8×1	12	20	M27×2	36	54	M90×3	106	140	M280×6	280	
M8×1.25*	12	20	M30×2	40	60	M100×3	112				
M10×1.25	14	22	M33×2	45	66	M110×3	112				
M12×1.25	16	24	M36×2	50	72	M125×4	125				

注：1. 螺纹长度 L：内螺纹时，是指最小尺寸；外螺纹时，是指最大尺寸。
2. 当需要用锁紧螺母时，采用长型螺纹长度。
3. 带*号的螺纹尺寸，为气缸专用。

2.2 液压缸的分类及安装方式

2.2.1 液压缸的分类

液压缸是液压系统中最常用的执行元件，其常用类型见表22.6-46。

表 22.6-46　液压缸的分类

名　　称			示　意　图	符　　号	计　算　式	说　　明
单作用液压缸	活塞式液压缸				$v=\frac{4q_V}{\pi D^2}$ $F=\frac{\pi D^2}{4}p$ v—液压缸输出速度（$m \cdot s^{-1}$） F—液压缸输出力（N） D—活塞直径（m） q_V—流入液压缸的流量（$m^3 \cdot s^{-1}$） p—工作压力（Pa）	活塞仅能单向运动，其反向运动需由外力来完成
	柱塞式液压缸				$v=\frac{4q_V}{\pi D^2}$ $F=\frac{\pi D^2}{4}p$ D—柱塞直径（m）	同上。但其行程一般较活塞式液压缸大
	伸缩式液压缸				$v_j=\frac{4q_V}{\pi D_j^2}$ $F_j=\frac{\pi D_j^2}{4}p$ v_j—第 j 个活塞的运动速度（$m \cdot s^{-1}$） F_j—第 j 个活塞的推力（N） $j=1，2，\cdots，n$	有多个依次运动的活塞，各活塞逐次运动时，其输出速度和输出力均是变化的
双作用液压缸	单活塞杆	无缓冲式			$v_1=\frac{4q_{V1}}{\pi D^2}$ $F_1=\frac{\pi D^2}{4}p_1$ $v_2=\frac{4q_{V2}}{\pi(D^2-d^2)}$ $F_2=\frac{\pi(D^2-d^2)}{4}p_2$ d—活塞杆直径（m） 注：脚标 1 用于正向运动，脚标 2 用于反向运动	活塞双向运动产生推、拉力。活塞在行程终了时不减速
		不可调缓冲式				活塞双向运动产生推、拉力。活塞行程终了时减速制动，减速值不变
		可调缓冲式				活塞双向运动产生推、拉力。活塞行程终了时减速制动，减速值可调节

（续）

名称			示意图	符号	计算式	说明
双作用液压缸	单活塞杆	差动式			$v_1=\frac{4q_V}{\pi D^2}$ $F_1=\frac{\pi D^2}{4}p$ $v_2=\frac{4q_V}{\pi(D^2-d^2)}$ $F_2=\frac{\pi(D^2-d^2)}{4}p$ $v_3=\frac{4q_V}{\pi d^2}$ $F_3=\frac{\pi d^2}{4}p$ 注：脚标 3 用于差动连接	活塞两端面积差较大，使活塞往复运动时的输出速度及力差值较大。差动连接用于快速
双作用液压缸	双活塞杆	等速等行程式			$v=\frac{4q_V}{\pi(D^2-d^2)}$ $F=\frac{\pi(D^2-d^2)}{4}p$	活塞两端杆径相同，活塞正、反向运动速度和推力均相等
双作用液压缸	双活塞杆	双向式			$v_1=\frac{2q_{V1}}{\pi D^2}$ $F_1=\frac{\pi D^2}{4}p_1$ $v_2=\frac{2q_{V1}}{\pi(D^2-d^2)}$ $F_2=\frac{\pi(D^2-d^2)}{4}p_2$	两活塞同时向相反方向运动，其输出速度和力相等
双作用液压缸	伸缩式套筒液压缸				$v_{1j}=\frac{4q_V}{\pi D_j^2}$ $F_j=\frac{\pi D_j^2}{4}p$ $v_{2j}=\frac{4q_V}{\pi(D_j^2-d_j^2)}$ $F_{2j}=\frac{\pi(D_j^2-d_j^2)}{4}p$	有多个可依次动作的活塞，其行程可变，活塞可双向运动
组合式液压缸	串联式				$v_1=\frac{q_V}{A_{11}+A_{21}}$ $F_1=(A_{11}+A_{21})p$ $v_2=\frac{q_V}{A_{12}+A_{22}}$ $F_2=(A_{12}+A_{22})p$ A_{11}、A_{12}、A_{21}、A_{22}—液压缸各腔有效面积	当液压缸直径受到限制而长度不受限制时，用以获得较大的推力

（续）

名称		示意图	符号	计算式	说明
组合式液压缸	增压式	p_B p_A		$p_B=p_A i$ i—增压比 $i=F_A/F_B$	
	多位式		A		活塞 A 可有三个位置
	齿条传动活塞液压缸		*	$\omega=\dfrac{8q_V}{\pi D^2 d}$ $T=\dfrac{p\pi D^2 d}{8}$ p—工作压力(Pa) ω—输出轴角速度($rad \cdot s^{-1}$) T—输出轴转矩(N·m) q_V—流入液压缸的流量($m^3 \cdot s^{-1}$) D—活塞或柱塞直径(m) d—齿轮分度圆直径(m)	经齿轮齿条传动，将液压缸的直线运动转换成齿轮的回转运动
	齿条传动柱塞液压缸		*		

1. * 者为 GB/T 786.1—2009 未作规定的符号，仅供使用时参考。
2. 表中给出的计算式未考虑液压缸的容积效率和机械效率。

2.2.2 液压缸的安装方式

液压缸可按实际工作需要选用合适的安装方式，常用的安装方式见表 22.6-47。

表 22.6-47 液压缸的安装方式

安装方式		安装简图	说明
法兰型	头部法兰	外法兰 内法兰	头部法兰型安装时，安装螺钉受拉力较大；尾部法兰型安装螺钉受力较小
	尾部法兰		

（续）

安装方式		安装简图	说明
销轴型	头部销轴		液压缸在垂直面内可摆动。头部销轴型安装时，活塞杆受弯曲作用较小；中间销轴型次之；尾部销轴型最大
	中间销轴		
	尾部销轴		
耳环型	头部耳环		液压缸在垂直面内可摆动。头部耳环型安装时，活塞杆受弯曲作用较小；尾部耳环型较大
	尾部耳环	单耳环 双耳环	
底座型	径向底座		径向底座型安装时，液压缸受倾翻力矩较小；切向底座型和轴向底座型较大
	切向底座		
	轴向底座		
球头型	尾部球头		液压缸可在一定空间范围内摆动

注：表中所列液压缸皆为缸体固定，活塞杆运动。根据工作需要，也可采用活塞杆固定、缸体运动。

2.3　液压缸主要零件的结构、材料及技术要求

2.3.1　缸体

（1）缸体的材料

液压缸缸体的常用材料为20、35、45无缝钢管。因20钢的力学性能略低，且不能调质，应用较少。当缸筒与缸底、缸头、管接头或耳轴等件需焊接时，则应采用焊接性能较好的35钢，粗加工后调质。一般情况下，均采用45钢，并应调质到241～285HBW。

缸体毛坯也可采用锻钢、铸钢或铸铁件。铸钢用ZG270-500B等材料，铸铁可采用HT200～HT350间的几个牌号或球墨铸铁。

特殊情况下，可采用铝合金等材料。

（2）缸体的技术要求

1）缸体内径采用H8、H9配合。表面粗糙度：当活塞采用橡胶密封圈密封时，R_a 为0.1～0.4μm，当活塞用活塞环密封时，R_a 为0.2～0.4μm，且均需珩磨（参见图22.6-48）。

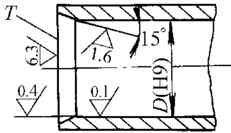


图22.6-48　缸体

2）缸体内径 D 的圆度公差值可按9、10或11级精度选取，圆柱度公差值应按8级精度选取，参见图22.6-48。

3）缸体端面 T 的垂直度公差值可按7级精度选取，参见图22.6-48。

4）当缸体和缸头采用螺纹连接时，螺纹应取为6级精度的米制螺纹。

5）当缸体带有耳环或销轴时，孔径 D_1 或轴径 d_2 的中心线对缸体内孔轴线的垂直度公差值应按9级精度选取，参见图22.6-49。

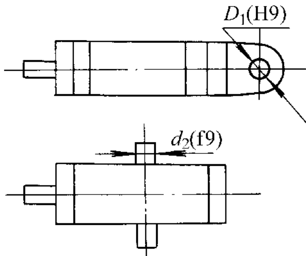


图22.6-49　耳环型、销轴型缸体

6）为了防止腐蚀和提高寿命，缸体内表面应镀以30～40μm铬层，镀后进行珩磨或抛光。

2.3.2　缸盖

（1）缸盖的材料

液压缸的缸盖可选用35、45锻钢或ZG270-500、ZG310-570铸钢或HT200、HT300、HT350铸铁等材料。

当缸盖本身又是活塞杆的导向套时，缸盖最好选用铸铁。同时，应在导向表面上熔堆黄铜、青铜或其他耐磨材料。如果采用在缸盖中压入导向套的结构时，导向套材料则应为耐磨铸铁、青铜或黄铜等。

（2）缸盖的技术要求（见图22.6-50）

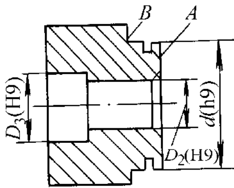


图22.6-50　缸盖

1）直径 D（基本尺寸同缸径）、D_2（活塞杆的缓冲孔）和 D_3（基本尺寸同活塞杆密封圈外径）的圆柱度公差值，应按9、10或11级精度选取。

2）D_2、D_3 和 d 的同轴度公差值为0.03mm。

3）端面 A、B 与直径 d 轴心线的垂直度公差值，应按7级精度选取。

4）导向孔的表面粗糙度为 R_a 为1.25μm。

2.3.3　缸体端部连接方式

缸体端部的连接方式及其结构特点见表22.6-48。

2.3.4　活塞

（1）活塞的材料

表22.6-48　缸体端部连接方式及其结构特点

连接方式		结构简图	特　点
焊接			结构简单，尺寸小，重量小，使用广泛 缸体焊后可能变形，且内径不易加工。主要用于柱塞式液压缸
螺纹连接	外螺纹		径向尺寸小，重量较小，使用广泛 缸体外径需加工，且应与内径同轴；装卸需专用工具；安装时应防止密封圈扭曲
	内螺纹		

（续）

连接方式		结构简图	特点
法兰连接			结构较简单，易加工，易装卸，使用广泛 径向尺寸较大，质量比螺纹连接的大。非焊接式法兰的缸体端部应镦粗
拉杆连接		A—A	结构通用性好。缸体加工容易，装卸方便，应用较广 外形尺寸大，质量大。用于载荷较大的双作用缸
半环连接	外半环		质量比拉杆连接小，缸体外径需加工 半环槽削弱了缸体，为此缸体壁厚应加厚
	内半环		结构紧凑，质量小 安装时端部进入缸体较深，密封圈有可能被进油孔边缘擦伤
钢丝连接			结构简单，尺寸小，质量小

注：1. 对于固定机械，若尺寸与质量没有特殊要求时，建议采用法兰连接或拉杆连接。
2. 对于活动机械，若尺寸与质量没有特殊要求时，推荐采用外螺纹连接或外半环连接。

液压缸活塞常用的材料为耐磨铸铁、灰铸铁（HT300、HT350）、钢（有的在外径上套有尼龙 66、尼龙 1010 或夹布酚醛塑料的耐磨环）及铝合金等。

（2）活塞的技术要求（见图 22.6-51）

1）活塞外径 D 对内孔 D_1 的径向跳动公差值，按 7、8 级精度选取。

2）端面 T 对内孔 D_1 轴线的垂直度公差值，应按 7 级精度选取。

3）外径 D 的圆柱度公差值，按 9、10 或 11 级精度选取。

4）活塞宽度一般为活塞外径 D 的 0.6～1.0 倍，

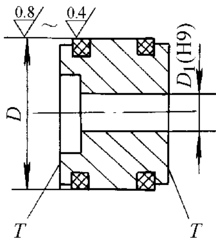


图 22.6-51　活塞

但也要根据密封件的型式、数量和安装导向环的沟槽尺寸而定。有时，可以结合中隔圈的布置确定活塞

宽度。

（3）活塞与活塞杆的连接方式(见表22.6-49)

（4）活塞与缸体的密封结构

活塞与缸体之间既有相对运动，又需要使液压缸两腔之间不漏油。因此在结构上应慎重考虑，一般常用的密封结构及其特点见表22.6-50。

表22.6-49　活塞与活塞杆的连接方式

连接形式	结构简图	备注
整体结构		用于工作压力较大，而活塞直径又较小的情况
螺纹连接		常用的连接方式
半环连接		用于工作压力、机械振动较大的情况

表22.6-50　活塞与缸体的密封结构及其特点

密封型式		结构简图	备注
间隙密封			用于低压系统中的液压缸活塞的密封
活塞环密封			适用于温度变化范围大，要求摩擦力小、寿命长的活塞的密封
密封圈密封	O形密封圈		密封性能好，摩擦因数小，安装空间小
	Y形密封圈		用在20MPa压力下、往复运动速度较高的液压缸密封
	Yx形密封圈		耐高压、耐磨性好，低温性能好，逐渐取代Y形密封圈
密封圈密封	V形密封圈		可用于50MPa压力下，耐久性好，但摩擦阻力大
	U形密封圈		用于32MPa以下的系统中，其密封性好，阻力较小

2.3.5　活塞杆

（1）活塞杆端部结构(见表 22.6-51)

表 22.6-51　活塞杆端部结构

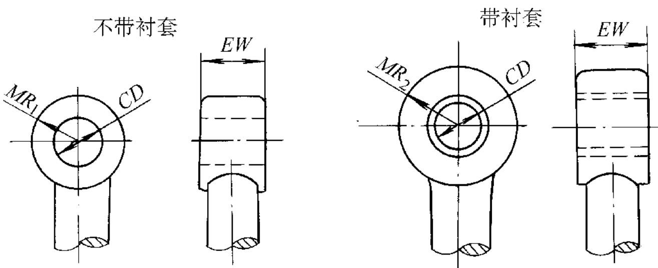
结构型式	外　螺　纹	内　螺　纹	单　耳　环	双　耳　环
结构简图				

结构型式	球　　头	销　　轴	柱　　销
结构简图			

结构型式	锥　　销	法　　兰
结构简图		

（2）活塞杆端部尺寸(见表 22.6-52、53)

表 22.6-52　端部耳环尺寸　　(mm)



缸径 D	端部耳环尺寸									
	p=6.3、10、12.5MPa		16MPa		20、25MPa			31.5MPa		
	CD、MR_1	EW、MR_2	CD、MR_1	EW、MR_2	CD、MR_1	EW	MR_2	CD、MR_1	EW	MR_2
40	16	20	20	25	20	30	25	30	45	35
50	20	25	30	35	30	45	35	30	45	35
63	30	35	40	45	40	55	45	40	55	45
80	30	35	40	45	40	55	45	40	55	45
(90)	40	45	40	45	40	55	45	50	70	60
100	40	45	40	60	50	70	60	50	70	60
(110)	50	60	50	60	50	70	60	60	85	70
125	50	60	50	60	60	85	70	60	85	70
(140)	50	60	60	70	60	85	70	70	100	80
160	60	70	60	70	70	100	80	80	110	90
(180)	70	80	70	80	80	110	90	90	120	100
200	70	80	80	90	90	120	100	100	130	110

注：1. 耳环材料推荐采用 45 钢。

2. 表中 $MR_1=CD$，$MR_2=1.2CD$，$EW=(1.2\sim1.4)CD$(低压选小值,高压选大值)。

表 22.6-53　活塞杆端部单耳球铰尺寸　　　　（mm）

缸径 D	端部单耳球铰尺寸											
	p=6.3、10、12.5MPa			16MPa			20、25MPa			31.5MPa		
	CX	EP	MS	CX	EP	MS	CX	EP	MS	CX	EP	MS
40	16	20	22	20	25	28	20	30	28	25	45	35
50	20	25	28	25	35	35	25	45′	35	30	45	42
63	30	35	42	40	45	55	40	55	55	40	55	55
80	30	35	42	40	45	55	40	55	55	40	55	55
(90)	40	45	55	40	45	55	40	55	55	50	70	70
100	40	45	55	50	60	70	50	70	70	50	70	70
(110)	50	60	70	50	60	70	50	70	70	60	85	85
125	50	60	70	50	60	70	60	85	85	60	85	85
(140)	50′	60	70	60	70	85	60	85	85	70	100	95
160	60	70	85	60	70	85	70	100	95	80	110	110
(180)	70	80	95	70	80	95	80	110	110	90	120	120
200	70	80	95	80	90	110	90	120	120	100	130	130

注：1. 耳环材料推荐用45钢。
2. 表中 $MS=1.4CX$，$EP=(1.2\sim1.4)CX$（低压选用小值，高压选用大值）。

（3）活塞杆结构

活塞杆有实心杆和空心杆两种，见图22.6-52。空心活塞杆一端，要留出焊接和热处理时用的通气孔 d_2。

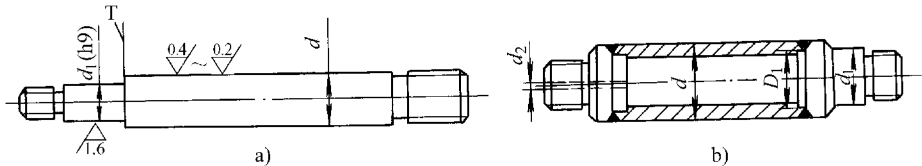


图22.6-52　活塞杆
a）实心活塞杆　b）空心活塞杆

（4）活塞杆材料

实心活塞杆材料为35、45钢；空心活塞杆材料为35、45无缝钢管。

（5）活塞杆的技术要求

1）活塞杆的热处理：粗加工后调质到硬度为229～285HBW，必要时，再经高频淬火，硬度达45～55HRC。

2）活塞杆 d 和 d_1 的圆度公差值，按9、10或11级精度选取。

3）活塞杆 d 的圆柱度公差值，应按8级精度选取。

4）活塞杆 d 对 d_1 的径向跳动公差值，应为0.01mm。

5）端面 T 的垂直度公差值，则应按7级精度选取。

6）活塞杆上的螺纹，一般应按6级精度加工；如载荷较小，机械振动也较小时，允许按7级或8级精度制造。

7）活塞杆上若有连接销孔时，该孔径应按H11级加工。该孔轴线与活塞杆轴线的垂直度公差值，按6级精度选取。

8）活塞杆上工作表面的表面粗糙度 R_a 为0.63μm，必要时，可以镀铬，镀层厚度约为0.05mm，镀后抛光。

2.3.6　活塞杆的导向、密封和防尘

（1）导向套

1）导向套的结构见表22.6-54。

表 22.6-54　导向套的结构

导向方式		结构简图	备注
缸盖导向			减少零件数量，装配简单。磨损快
导向套	普通导向套		可利用压力油润滑导向套，并使其处于密封状态
	可拆导向套		容易拆卸，便于维修。适用于工作条件恶劣、经常更换导向套的场合
	球面导向套		导向套自动调整位置，磨损比较均匀

2）导向套常用材料为铸造青铜或耐磨铸铁。

3）导向套内径的配合，一般取为 H8/f9 或 H9/f9，其表面粗糙度 R_a 则为 0.63～1.25μm。

（2）活塞杆的密封与防尘(见表 22.6-55)

表 22.6-55　活塞杆的密封与防尘结构

密封型式	防尘型式	结构简图
Y 形密封圈	J 形防尘圈	

（续）

密 封 型 式	防 尘 型 式	结 构 简 图
Y形密封圈	骨架式防尘圈	
U形夹织物密封圈	毛毡圈	
	骨架式防尘圈	
O形密封圈	三角形防尘圈	
	薄钢片组合防尘圈	
	O形密封圈	
V形密封圈	J形密封圈	
	毛毡橡胶组合防尘圈	
	骨架式防尘圈	
	折叠式橡胶或帆布防尘圈	

注：采用薄钢片组合防尘圈时，防尘圈与活塞杆的配合可按 H9/f9 选取。薄钢片厚度为 0.5mm。

2.3.7　液压缸的缓冲装置

缓冲装置是为了防止或减小液压缸活塞在运动到两个端点时因惯性力造成的冲撞。通常是通过节流作用，使液压缸运动到端点附近时形成足够的内压，降低液压缸的运动速度，以减小冲击。

常用的液压缸缓冲装置见表22.6-56。可调型恒节流面积的缓冲装置中设有缓冲调节阀，其常见结构见图22.6-53。为使反向进油时不受节流阻力影响，液压缸中可设置单向阀与缓冲调节阀一同使用，其结构可参见图22.6-54。

表22.6-56　液压缸的缓冲装置

缓冲方式		结构简图	缓冲特性
恒节流面积	固定型	p_1A_1，p_3A_3，v，δ，p_2A_2	1—液压缸的运动速度； 2—缓冲腔的压力
	可调型	p_1A_1，p_3，v，p_2A_2	
	锥形	α	
	抛物线形		
变节流面积	阶梯形		
	三角形	A，A	

2.3.8　液压缸的排气装置

为使液压缸运动稳定，在新装上液压缸之后，必须将缸内的空气排出。排气的方法之一是使液压缸反复运动，直到运动平稳。但更可靠的方法是在液压缸上设置排气塞（排气阀），排气塞的位置一般放在液压缸的端部，双作用液压缸则应设置两个排气塞。

排气塞常见结构见图22.6-55。

排气塞可参见表22.6-57和图22.6-56。

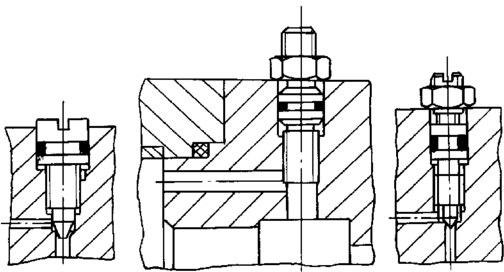


图 22.6-53　缓冲调节阀

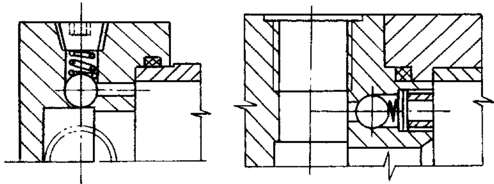


图 22.6-54　单向阀

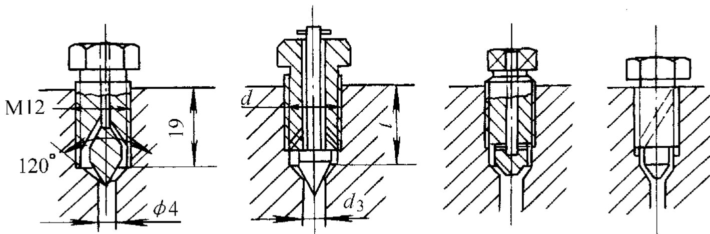
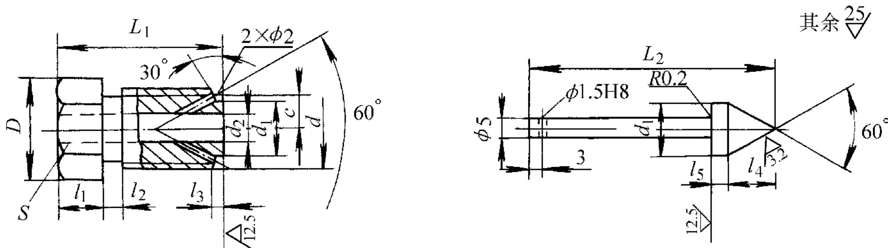


图 22.6-55　排气塞结构

表 22.6-57　排气塞　（mm）



d	c	d_1	d_2	D	l_1	l_2	l_3	L_1	S	l_4	l_5	L_2
M16	6	11	6	19.6	9	3	2	31	17	8.5	3	48
M20×2	8	14	7	25.4	11	4	3	39	22	11	4	59

注：1. d = M16 排气阀的标记为：排气阀 M16。
　　2. 阀座材料为 25 钢，阀杆材料为 3Cr13。
　　3. 阀杆锥头热处理硬度 38～44HRC。

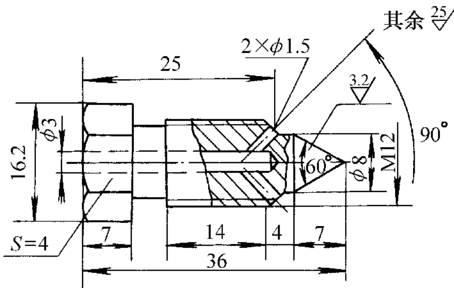


图 22.6-56　排气塞尺寸
技术要求：锥面热处理硬度 38～44HRC
材料：3Cr13
标记：排气塞 M12

2.3.9　液压缸安装连接部分的型式及尺寸（摘自 GB/T 2878—1993）

（1）液压缸进出油口的型式及尺寸

1）液压缸进出油口的型式见图 22.6-57，非优先选用型式见图 22.6-58。

2）液压缸进出油口的尺寸见表 22.6-58。

（2）液压缸为单耳环的主要安装尺寸（见表 22.6-59）

（3）液压缸为单耳球铰的主要安装尺寸（见表 22.6-60）

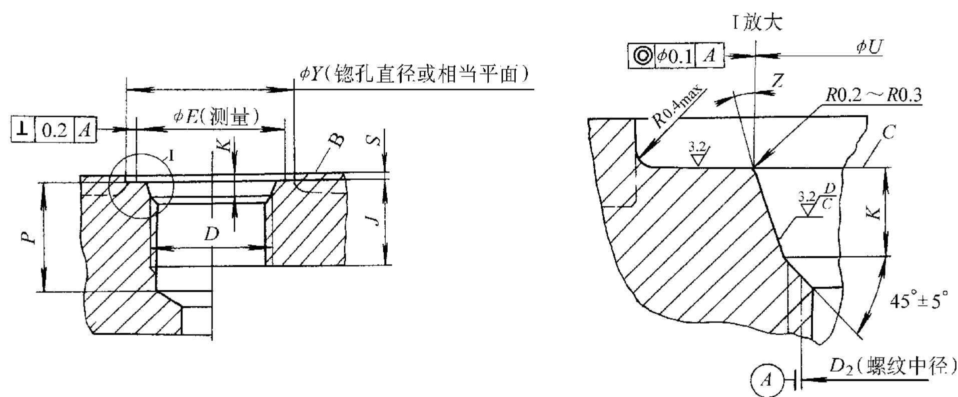


图 22. 6-57　液压缸油口型式 A

注：锥面上，不得有纵向的或螺旋形的刀痕，

允许有小于 1. 6μm 环形刀痕。

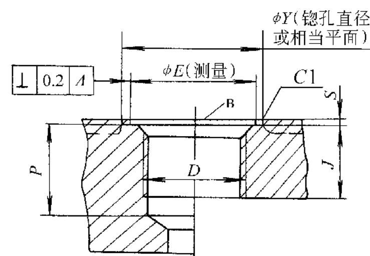


图 22. 6-58　液压缸油口型式 B(非优先选用型)

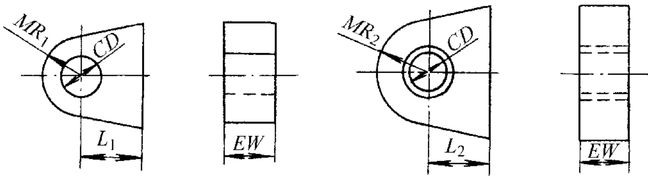
表 22. 6-58　液压缸进出油口尺寸　(mm)

D(螺纹精度 6H)	J_{min}	$K^{+0.4}_{0}$	E	P_{min}	S_{max}	$U^{+0.1}_{0}$	Y_{min}	Z ±1°
M5 ×0. 8	8. 0	1. 6	8. 0	9. 5	1. 0	6. 35	14. 0	12°
M8 ×1	10. 0	1. 6	11. 0	11. 5	1. 0	9. 1	17. 0	12°
M10 ×1	10. 0	1. 6	13. 0	11. 5	1. 0	11. 1	20. 0	12°
M12 ×1. 5	11. 5	2. 4	16. 0	14. 0	1. 5	13. 8	22. 0	15°
M14 ×1. 5	11. 5	2. 4	18. 0	14. 0	1. 5	15. 8	25. 0	15°
M16 ×1. 5	13. 0	2. 4	20. 0	15. 5	1. 5	17. 8	27. 0	15°
M18 ×1. 5	14. 5	2. 4	22. 0	16. 5	2. 0	19. 8	29. 0	15°
M20 ×1. 5	14. 5	2. 4	24. 0	17. 5	2. 0	21. 8	32. 0	15°
M22 ×1. 5	15. 5	2. 4	26. 0	18. 0	2. 0	23. 8	34. 0	15°
M27 ×2	19. 0	3. 1	32. 0	22. 0	2. 0	29. 4	40. 0	15°
M33 ×2	19. 0	3. 1	38. 0	22. 0	2. 5	35. 4	46. 0	15°
M42 ×2	19. 5	3. 1	47. 0	22. 5	2. 5	44. 4	56. 0	15°
M50 ×2	21. 5	3. 1	55. 0	24. 5	2. 5	52. 4	66. 0	15°
M60 ×2	24. 5	3. 1	65. 0	27. 5	2. 5	62. 4	76. 0	15°

注：1. 尺寸 U 和螺纹中径 D_2 的圆跳动不大于 0. 1mm。

2. 表中给出的螺纹底孔深度是要求使用平顶丝锥攻出的螺纹长度。当使用标准丝锥时应适当增加螺纹底孔深度。

表 22.6-59　单耳环尺寸　（mm）

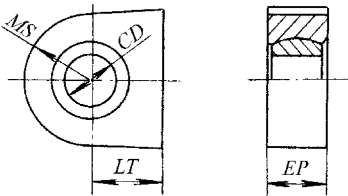


缸径 D	单耳环结构尺寸																							
	p = 6.3、10、12.5MPa						16MPa						20、25MPa						31.5MPa					
	CD	MR_1	EW	MR_2	L_1	L_2	CD	MR_1	EW	MR_2	L_1	L_2	CD	MR_1	EW	MR_2	L_1	L_2	CD	MR_1	EW	MR_2	L_1	L_2
40	16	16	20	20	20	25	20	20	25	25	25	30	20	20	30	25	25	30	30	30	45	35	35	40
50	20	20	25	25	25	30	30	30	35	35	35	40	30	30	45	35	35	40	30	30	45	35	35	40
63	30	30	35	35	35	40	40	40	45	45	45	50	40	40	55	45	45	50	40	40	55	45	45	50
80	30	30	35	35	35	40	40	40	45	45	45	50	40	40	55	45	45	50	40	40	55	45	45	50
(90)	40	40	45	45	45	50	40	40	45	45	45	50	40	40	55	45	45	50	50	50	70	60	60	70
100	40	40	45	45	45	50	50	50	60	60	60	70	50	50	70	60	60	70	50	50	70	60	60	70
(110)	50	50	60	60	60	70	50	50	60	60	60	70	50	50	70	60	60	70	60	60	85	70	70	80
125	50	50	60	60	60	70	50	50	60	60	60	70	60	60	85	70	70	80	60	60	85	70	70	80
(140)	50	50	60	60	60	70	60	60	70	70	70	80	60	60	85	70	70	80	70	70	100	80	80	90
160	60	60	70	70	70	80	60	60	70	70	70	80	70	70	100	80	80	90	80	80	110	90	90	100
(180)	70	70	80	80	80	90	70	70	80	80	80	90	80	80	110	90	90	100	90	90	120	100	100	110
200	70	70	80	80	80	90	80	80	90	90	90	100	90	90	120	100	100	110	100	100	130	110	110	120

注：1. 耳环材料推荐采用 45 钢，销轴直径按 45 钢材决定。

2. 表中尺寸 $MR_1 = CD$；$MR_2 = 1.2CD$；$L_1 = 1.2MR_1$；$L_2 = 1.2MR_2$；$EW = (1.2 \sim 1.4)CD$(低压选小值,高压选大值)。

表 22.6-60　单耳球铰尺寸　（mm）

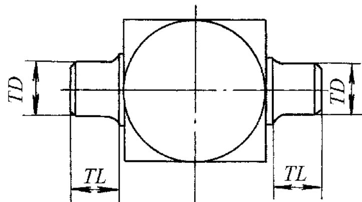


缸径 D	单耳球铰结构尺寸															
	p = 6.3、10、12.5MPa				16MPa				20、25MPa				31.5MPa			
	CD	EP	MS	LT	CD	EP	MS	LT	CD	EP	MS	LT	CD	EP	MS	LT
40	16	20	22	28	20	25	28	35	20	30	28	35	25	45	35	48
50	20	25	28	35	25	35	35	48	25	45	35	48	25	45	35	48
63	30	35	42	48	40	45	55	60	40	55	55	60	40	55	55	60
80	30	35	42	48	40	45	55	60	40	55	55	60	40	55	55	60
(90)	40	45	55	60	40	45	55	60	40	55	55	60	50	70	70	80
100	40	45	55	60	50	60	70	80	50	70	70	80	50	70	70	80
(110)	50	60	70	80	50	60	70	80	50	70	70	80	60	85	85	95
125	50	60	70	80	50	60	70	80	60	85	85	95	60	85	85	95
(140)	50	60	70	80	60	70	85	95	60	85	85	95	70	100	95	105
160	60	70	85	95	60	70	85	95	70	100	95	105	80	110	110	120
(180)	70	80	95	105	70	80	95	105	80	110	110	120	90	120	120	130
200	70	80	95	105	80	90	110	120	90	120	120	130	100	130	130	140

注：表中尺寸 $MS = 1.4CD$；$LT = 1.2MS$；$EP = (1.2 \sim 1.4)CD$(低压选小值,高压选大值)。

（4）液压缸为销轴的主要安装尺寸(见表22.6-61)

表22.6-61　销轴的尺寸　（mm）

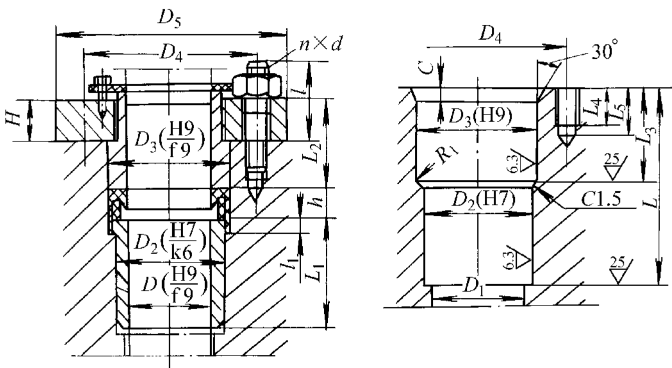


缸径 D	单轴结构尺寸							
	p=6.3、10、12.5MPa		16MPa		20、25MPa		31.5MPa	
	TD	TL	TD	TL	TD	TL	TD	TL
40	20	20	20	20	20	20	30	30
50	25	25	30	30	30	30	30	30
63	30	30	40	40	40	40	40	40
80	30	30	40	40	40	40	40	40
(90)	40	40	40	40	40	40	50	50
100	40	40	50	50	50	50	50	50
125	50	50	50	50	60	60	60	60
(140)	50	50	60	60	60	60	70	70
160	60	60	60	60	70	70	80	80
(180)	70	70	70	70	80	80	90	90
200	70	70	80	80	90	90	100	100

注：TD 值按45钢计算所得。

2.3.10　柱塞式液压缸的端部型式及尺寸(见表22.6-62)

表22.6-62　柱塞式液压缸端部型式及尺寸　（mm）



柱塞直径 D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	双头螺栓 $n=d\times l$	L	L_1
32	34	42	50	85	110	6×M12×30	90	45
40	42	50	60	85	110	6×M12×30	110	60
50	52	65	75	110	150	6×M16×40	135	75
60	62	75	85	120	160	8×M16×45	150	90
80	82	95	105	150	190	8×M16×50	175	110

（续）

柱塞直径 D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	双头螺栓 $n=d\times l$	L	L_1
100	102	115	125	170	210	8×M20×55	195	120
120	122	140	150	190	230	8×M20×55	240	150
150	152	170	180	230	270	8×M20×60	270	180
180	182	200	210	260	310	8×M24×65	290	190
200	202	220	230	290	340	8×M24×65	310	200
220	222	240	250	320	370	8×M24×65	330	220
260	262	280	290	350	400	10×M24×70	370	260
280	282	300	310	370	420	10×M24×70	390	280
320	322	340	360	430	490	8×M30×85	440	320
360	364	385	400	480	550	10×M30×90	480	340
400	404	425	440	510	580	10×M30×90	520	360

柱塞直径 D	l_1	L_2	L_3	L_4	L_5	H	h	C	重量/kg	标 记 代 号
32	5	35	45	15	18	15	20	5	2.06	B1.1.00
40	5	40	50	15	18	15	20	5	2.42	B1.2.00
50	10	50	64	20	24	20	24	5	4.93	B1.3.00
60	10	55	64	20	24	25	24	5	6.99	B1.4.00
80	10	65	69	20	24	30	24	5	9.74	B1.5.00
100	10	70	74	25	30	30	24	5	12.70	B1.6.00
120	10	80	90	25	30	30	30	8	19.44	B1.7.00
150	15	90	100	25	30	35	30	8	27.55	B1.8.00
180	10	105	105	30	36	40	30	8	34.0	B1.9.00
200	10	110	110	30	36	40	30	10	40.5	B1.10.00
220	10	110	110	30	36	40	30	10	46.7	B1.11.00
260	10	115	110	30	36	45	30	10	55.7	B1.12.00
280	10	115	110	30	36	45	30	10	62.7	B1.13.00
320	15	125	125	38	45	50	40	15	102	B1.14.00
360	20	140	140	38	45	60	40	15	137	B1.15.00
400	15	160	155	38	45	60	40	15	149	B1.16.00

注：柱塞液压缸端部的主要零件名称和材料，可参见表22.6-63。

表22.6-63 液压缸端部主要零件名称和材料

件号	名　　称	材　　料
1	挡板	Q235-F
2	防尘圈	毛毡
3	法兰	45
4	套	ZQSn8-12
5	U形夹织物密封圈	橡胶1-4
6	支承环	Q235-F
7	导套	ZQSn8-12

2.4 液压缸的设计计算

2.4.1 液压缸设计计算步骤

1）根据机构运动和结构要求，按表22.6-46和表22.6-47选择液压缸的类型和安装方式。

2）根据主机的动力分析和运动分析，确定液压缸的性能参数。如液压缸的输出力、速度、作用时间、内径与行程等。

3）根据选定的工作压力和往复运动速度比，确定液压缸的缸径、活塞杆直径，并按标准尺寸系列选择适当尺寸；根据工作压力及材料，进行液压缸结构尺寸设计，如缸体壁厚、缸盖结构、密封型式、排气与缓冲等。

4）液压缸性能的验算。

5）选择适当的密封结构。

2.4.2 液压缸性能参数的计算(见表22.6-64)

2.4.3 液压缸主要几何尺寸的计算

液压缸的主要几何尺寸，包括液压缸的内径 D、活塞杆直径 d 和液压缸行程 s 等。计算公式参见表22.6-65。

表 22.6-64　液压缸性能参数计算

参数名称	计 算 公 式	说　　明
液压缸的输出力	单杆活塞式液压缸和柱塞式液压缸活塞(或柱塞)外伸时的推力 F_1 为 $F_1 = pA_1 \times 10^6$ 单杆活塞式液压缸的拉力 F_2 为 $F_2 = pA_2 \times 10^6$ 单杆活塞式液压缸差动连接时，液压缸的推力 F_3 为 $F_3 = pA_3 \times 10^6$	F_1—液压缸推力(N) F_2—液压缸拉力(N) F_3—液压缸差动连接时的推力(N) p—工作压力(MPa) A_1—活塞或柱塞的作用面积(m^2)，$A_1 = \frac{\pi}{4}D^2$ A_2—液压缸有杆腔作用面积(m^2)，$A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ A_3—液压缸差动时的作用面积(m^2)，$A_3 = \frac{\pi}{4}d^2$ D—活塞或柱塞直径(m) d—活塞杆直径(m)
	双杆活塞式液压缸的推(或拉)力 F 为 $F = pA \times 10^6$	F—双杆活塞式液压缸的推(或拉)力(N) A—液压缸的作用面积(m^2)，$A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$
液压缸的阻力	液压缸工作时，液压缸的阻力为 $F = F_1 \pm F_2 + F_3 \pm F_4 + F_5 + F_6$	F_1—作用在活塞杆上的工作阻力(N) F_2—液压缸在起动、制动或换向时的惯性阻力(N)，液压缸加速起动时取正值，减速制动时取负值，等速运动时 $F_2 = 0$。F_2 的计算式为：$F_2 = Ma$ M—活塞及运动部件的总质量(kg) a—加速度($m \cdot s^{-2}$) F_3—除液压缸外，运动部件的摩擦阻力(N) F_4—运动部件的自重(N)，对于立式设备，上行时取正值，下行时则取负值 F_5—液压缸活塞及活塞杆处的密封摩擦阻力(N)，通常用液压缸的机械效率来反映，一般取 $\eta_m = 0.95$ F_6—回油背压阻力(N)
液压缸的输出速度	单杆活塞式液压缸和柱塞式液压缸活塞(或柱塞)外伸时的速度 v_1 为 $v_1 = 60\frac{q_V}{A_1}$ 单杆活塞式液压缸活塞缩入时的速度 v_2 为 $v_2 = 60\frac{q_V}{A_2}$ 单杆活塞式液压缸差动连接时，活塞的外伸速度 v_3 为 $v_3 = 60\frac{q'_V}{A_3}$	v_1—活塞(或柱塞)的外伸速度($m \cdot min^{-1}$) v_2—活塞的缩入速度($m \cdot min^{-1}$) v_3—液压缸差动连接时，活塞外伸速度($m \cdot min^{-1}$) q_V—进入(或流出)液压缸的流量($m^3 \cdot s^{-1}$) q'_V—液压泵流量($m^3 \cdot s^{-1}$) A_1—活塞的作用面积(m^2)，$A_1 = \frac{\pi}{4}D^2$ A_2—液压缸有杆腔作用面积(m^2)，$A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ A_3—液压缸差动时的作用面积(m^2)，$A_3 = \frac{\pi}{4}d^2$ D—活塞(或液压缸)直径(m) d—活塞杆直径(m)
	双杆活塞式液压缸的输出速度 v 为 $v = 60\frac{q_V}{A}$ 其他型式液压缸的输出速度的计算公式，见表 22.6-46 中计算式一栏	v—双杆活塞液压缸的输出速度($m \cdot min^{-1}$) q_V—进入(或流出)液压缸的流量($m^3 \cdot s^{-1}$) A—活塞作用面积(m^2)，$A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$
液压缸作用时间	液压缸的作用时间 t 为 $t = \frac{V}{q_V} = \frac{As}{q_V}$	t—液压缸的作用时间(s) V—液压缸的容积(m^3) A—液压缸的作用面积(m^2) 活塞杆伸出时 $A = \frac{\pi}{4}D^2$ 活塞杆缩入时 $A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ s—液压缸行程(m)，可参照表 22.1-11 ~ 表 22.1-13 选定 q_V—进入(或流出)液压缸的流量($m^3 \cdot s^{-1}$)

（续）

参数名称	计 算 公 式	说 明
液压缸的储油量	液压缸的储油量 V 为 $V=As$	V—液压缸的储油量（m^3） A—液压缸的作用面积（m^2） $A=\frac{\pi}{4}D^2$ s—液压缸的行程（m）
液压缸的输出功率	液压缸的输出功率 P 为 $P=Fv$	P—液压缸的输出功率（W） F—液压缸的输出力（N） v—液压缸的输出速度（$m\cdot s^{-1}$）
齿轮齿条液压缸的输出转矩和输出角速度	单叶片齿轮齿条液压缸的输出转矩为 $T=\frac{pb(D^2-d^2)\eta_m}{8}\times10^6$ 双叶片齿轮齿条液压缸的输出转矩为 $T=\frac{pb(D^2-d^2)\eta_m}{4}\times10^6$ 单叶片齿轮齿条液压缸的输出角速度为 $\omega=\frac{8q_V\eta_V}{(D^2-d^2)b}$ 双叶片齿轮齿条液压缸的输出角速度为 $\omega=\frac{4q_V\eta_V}{(D^2-d^2)b}$	T—齿轮齿条液压缸的输出转矩（$N\cdot m$） p—工作压力（MPa） D—液压缸内径（m） d—转轴直径（m） b—叶片宽度（m） η_m—液压缸机械效率 ω—齿轮齿条液压缸的输出角速（$rad\cdot s^{-1}$） q_V—输入液压缸的流量（$m^3\cdot s^{-1}$） D—液压缸内径（m） d—转轴直径（m） b—叶片宽度（m） η_V—齿轮齿条液压缸的容积效率

表22.6-65 液压缸主要几何尺寸的计算

<table>
<tr><th>参数名称</th><th>计 算 公 式</th><th>说 明</th></tr>
<tr><td rowspan="2">液压缸内径 D</td><td>根据载荷力的大小和选定的系统压力来计算液压缸内径 D 为
$D=1.13\times10^{-3}\sqrt{\frac{F}{p}}$</td><td rowspan="2">$D$—液压缸内径（m）
F—液压缸推力（N）
p—选定的工作压力（MPa）
q_V—进入（或流出）液压缸的流量（$m^3\cdot s^{-1}$）
v—液压缸输出速度（$m\cdot s^{-1}$）
对于动力较大的机床一定要满足牵引力的要求，计算时以力为主；对于轻载高速的机床一定要满足速度要求，计算时以速度为主。设计时，无论采用哪种方法，计算出的液压缸内径均应按表22.1-9给出的缸筒内径尺寸系列圆整成标准值</td></tr>
<tr><td>根据执行机构的速度要求和选定的液压泵流量来计算液压缸内径 D 为
$D=1.13\sqrt{\frac{q_V}{v}}$</td></tr>
<tr><td>活塞杆直径 d</td><td>根据速度比的要求来计算活塞杆直径 d 为
$d=D\sqrt{\frac{\varphi-1}{\varphi}}$</td><td>$d$—活塞杆直径（m）
D—液压缸直径（m）
φ—速度比，$\varphi=\frac{v_2}{v_1}=\frac{D^2}{D^2-d^2}$
v_2—活塞杆的缩入速度（$m\cdot s^{-1}$）
v_1—活塞杆的伸出速度（$m\cdot s^{-1}$）
液压缸的往复运动速度比，一般有2、1.46、1.33、1.25和1.15等几种。下表给出了不同速度比时活塞杆直径 d 和液压缸内径 D 的关系
<table>
<tr><td>φ</td><td>1.15</td><td>1.25</td><td>1.33</td><td>1.46</td><td>2</td></tr>
<tr><td>d</td><td>$0.36D$</td><td>$0.45D$</td><td>$0.5D$</td><td>$0.56D$</td><td>$0.71D$</td></tr>
</table>
设计中，根据工作压力的大小，选用速度比时可参考下表选取
<table>
<tr><td>工作压力 p/MPa</td><td>≤10</td><td>12.5～20</td><td>>20</td></tr>
<tr><td>φ</td><td>1.33</td><td>1.46；2</td><td>2</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

（续）

参数名称	计 算 公 式	说　明
活塞杆直径 d	根据强度要求来计算活塞杆直径 d，当活塞杆在稳定状态下，仅承受轴向载荷时，活塞杆直径按简单拉、压强度计算。此时 $d \geqslant 3.57 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{F}{[\sigma]}}$	$[\sigma]$—活塞杆材料的许用应力（MPa），当活塞杆为碳钢时，$[\sigma]=100 \sim 120\text{MPa}$ 如果活塞杆受到较大的弯曲作用时，则应按压（或拉）弯联合强度考虑，此时 $\sigma = \frac{F}{A} + \frac{Fy_{max}}{W} \leqslant [\sigma_c]$ 式中　σ—活塞杆应力（Pa） F—活塞杆输出力（N） A—活塞杆面积（m^2），对于实心活塞杆，则为 $A = \frac{\pi}{4} d^2$ d—活塞杆直径（m） y_{max}—活塞杆最大挠度（m） W—活塞杆断面的抗弯模量（m^3），对于实心圆截面活塞杆，则为 $W = \frac{\pi}{32} d^3$ $[\sigma_c]$—活塞杆材料的许用压应力（Pa），$[\sigma_c] = \frac{[\sigma_s]}{n}$ σ_s—活塞杆材料的屈服点（Pa） n—安全系数，一般 $n \geqslant 1.4$ 设计时，无论采用哪种方法，计算出的活塞杆直径 d 均应按表 22.1-10 给出的活塞杆外径尺寸系列圆整成标准值
液压缸行程 s		液压缸行程 s，主要依据执行机构实际工作的最大行程确定。但为了简化工艺和降低成本，应尽量采用表 22.1-11 ~ 表 22.1-13 中给出的标准系列值

2.4.4　液压缸结构参数的计算

液压缸的结构参数，主要包括缸筒壁厚、油口直径、缸底厚度和缸头厚度等。计算公式参见表 22.6-66。

表 22.6-66　液压缸结构参数的计算

参数名称	计 算 公 式	说　明
缸筒壁厚	对于低压系统或当 $\frac{D}{\delta} \geqslant 16$ 时，液压缸缸筒厚度一般按薄壁筒计算，此时 $\delta \geqslant \frac{p_y D}{2[\sigma]}$	δ—液压缸缸筒厚度（m） p_y—试验压力（MPa），工作压力 $p \leqslant 16\text{MPa}$ 时，$p_y = 1.5p$；工作压力 $p \geqslant 16\text{MPa}$ 时，$p_y = 1.25p$ D—液压缸内径（m） $[\sigma]$—缸体材料的许用应力（MPa），$[\sigma] = \frac{[\sigma_b]}{n}$ σ_b—缸体材料的抗拉强度（MPa） n—安全系数，$n=3.5 \sim 5$，一般取 $n=5$ 对于：锻钢 $[\sigma]=100 \sim 120\text{MPa}$ 铸钢 $[\sigma]=100 \sim 110\text{MPa}$ 钢管 $[\sigma]=100 \sim 110\text{MPa}$ 铸铁 $[\sigma]=60\text{MPa}$
	当 $3.2 \leqslant \frac{D}{\delta} \leqslant 16$ 时，液压缸缸筒属于中等壁厚，此时 $\delta = \frac{p_y D}{(2.3[\sigma]-p_y)\psi} + c$	ψ—强度系数，对于无缝钢管，$\psi=1$ c—计入壁厚公差及腐蚀的附加厚度，通常圆整到标准厚度值
	对于中高压系统或当 $\frac{D}{\delta} < 3.2$ 时，液压缸缸筒厚度一般按厚壁筒计算 当缸体由塑性材料制造时，缸筒厚度应按第四强度理论计算 $\delta \geqslant \frac{D}{2}\left(\sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma]-1.73p_y}} - 1\right)$	当选用无缝钢管为缸筒时，计算的壁厚值应圆整为符合有关标准的壁厚值

（续）

参数名称	计 算 公 式	说　　明
缸筒壁厚	当缸体由脆性材料制造时，缸筒厚度应按第二强度理论计算 $\delta \geqslant \frac{D}{2}\left(\sqrt{\frac{[\sigma]+0.4p_y}{[\sigma]-1.3p_y}}-1\right)$	当选用无缝钢管为缸筒时，计算的壁厚值应圆整为符合有关标准的壁厚值
缸体外径	缸体外径的计算公式为 $D_1=D+2\delta$	D_1—缸体外径（m），其有关标准见表 22.6-67～69
液压缸油口直径	液压缸油口直径应根据活塞最高运动速度 v 和油口最高液流速度 v_0 而定 $d_0=0.13D\sqrt{\frac{v}{v_0}}$	d_0—液压缸油口直径（m） D—液压缸内径（m） v—液压缸最大输出速度（$m \cdot min^{-1}$） v_0—油口液流速度（m/s）
缸底厚度	平形缸底，当缸底无油孔时 $h=0.433D\sqrt{\frac{p_y}{[\sigma]}}$ 当缸底有油孔时 $h=0.433D\sqrt{\frac{p_yD}{(D-d_0)[\sigma]}}$	h—缸底厚度（m） D—液压缸内径（m） p_y—试验压力（MPa） $[\sigma]$—缸底材料的许用应力（MPa） d_0—缸底油孔直径（m）
缸头厚度	由于在液压缸缸头上有活塞杆导向孔，因此其厚度的计算方法与缸底有所不同。对于常用的法兰式缸头，其计算方法如下 螺钉连接法兰式缸头如下图所示 计算公式为 $h=\sqrt{\frac{3F(D_0-d_{cp})}{\pi d_{cp}[\sigma]}}$	h—法兰厚度（m） F—法兰受力总和（N），$F=\frac{\pi}{4}d^2p+\frac{\pi}{4}(d_H^2-d^2)q$ d—密封环内径（m） d_H—密封环外径（m） p—系统工作压力（Pa） q—附加密封力（Pa），若采用金属材料密封时，q 值取其屈服点 D_0—螺钉孔分布圆直径（m） d_{cp}—密封环平均直径（m） $[\sigma]$—法兰材料的许用应力（Pa）
	整体法兰式缸头如下图所示 计算公式为 $h=\sqrt{\frac{3F(D_0-D_1)}{\pi D_1[\sigma]}}$	D_1—法兰根部直径（m） 其他符号意义同螺钉连接法兰式缸头计算公式

（续）

<table>
<tr><th>参数名称</th><th>计 算 公 式</th><th>说　明</th></tr>
<tr><td rowspan="3">缸头厚度</td><td>整体螺纹连接法兰式缸头如下图所示
D　D_0　d_{cp}　h　d_0
计算公式为
$$h=\sqrt{\frac{3F(D_0-d_{cp})}{\pi(D-d_{cp}-2d_0)[\sigma]}}$$</td><td>D—法兰外径(m)
d_{cp}—螺纹中径(m)
d_0—螺栓孔直径(m)
其他符号意义同螺钉连接法兰式缸头计算公式</td></tr>
<tr><td>活套法兰式缸头如下图所示
d_0　h　d_1　d_{cp}　d_2　D_0　D
计算公式为
$$h=\sqrt{\frac{3F(D_0-d_{cp})}{\pi(D-d_1-2d_0)[\sigma]}}$$</td><td>d_{cp}—支承面平均直径(m)，$d_{cp}=\frac{d_1+d_2}{2}$
d_1—法兰内径(m)
d_2—活套外径
其他符号意义同螺钉连接法兰式缸头计算公式</td></tr>
<tr><td>椭圆形法兰式缸头如下图所示
D_0　d_1　d_{cp}　d_0　h　D　A　A　B　B　X　b
计算公式为
$$h=\sqrt{\frac{3FX}{b[\sigma]}}$$</td><td>F—作用在两个螺钉上的总拉力(N)
X—B—B断面的弯曲力臂(m)
b—B—B断面长度(m)
[σ]—法兰材料的许用应力(Pa)</td></tr>
</table>

表 22. 6-67　工程机械用液压缸外径系列

缸径/mm	液压缸外径/mm				缸径/mm	液压缸外径/mm			
	$p\leq$16MPa	20	25	31. 5		$p\leq$16MPa	20	25	31. 5
40	50	50	50	54	110	133	133	133	140
50	60	60	60	63. 5	125	146	146	152	152
63	76	76	83	83	140	168	168	168	168
80	95	95	102	102	160	194	194	194	194
90	108	108	108	114	180	219	219	219	219
100	121	121	121	127	200	245	245	245	245

注：1. 缸体为无缝钢管。

2. 工作压力 $p\leq$16MPa 时，无缝钢管材料为 20 钢；其余压力下，无缝钢管材料为 45 钢。

表 22.6-68　重型机械用液压缸外径系列　(mm)

缸内径	32	40	50	60	80	100	125	150	180	200
缸外径	52	60	75	85	105	120	150	180	215	240

注：1. 液压缸工作压力 $p \leq 16\text{MPa}$。
2. 液压缸缸体材料为45钢的无缝钢管。

表 22.6-69　运输机械用液压缸外径系列　(mm)

缸内径	40	50	60	80	90	100
缸外径	50	63.5	70	95	102	114
缸内径	110	125	140	180	200	220
缸外径	127	140	159	200	219	245

注：1. 液压缸工作压力 $p \leq 10\text{MPa}$。
2. 液压缸缸体材料为35钢的无缝钢管。

2.4.5　液压缸的连接计算(见表22.6-70)

表 22.6-70　液压缸的连接计算

参数名称	计 算 公 式	说　明
缸盖连接	液压缸缸底采用对焊时，如下图所示 D_2　D　D_1 焊缝的拉应力为 $$\sigma=\frac{F}{\frac{\pi}{4}(D_1^2-D_2^2)\eta}$$ 若缸头采用角焊时，如下图所示 d_0　d_1　D 焊缝应力为 $$\sigma=\frac{\sqrt{2}F}{xD_1h\eta}$$	F—液压缸输出的最大推力(N)，$F=\frac{\pi}{4}D^2p$ D—液压缸直径(m) p—系统最大工作压力(Pa) D_1—液压缸外径(m) D_2—焊缝底径(m) η—焊接效率，通常取 $\eta=0.7$ h—焊角宽度(m)
	缸体与缸盖用螺纹连接时，如下图所示 h　D_1　D 缸体螺纹处的拉应力为 $$\sigma=\frac{KF}{\frac{\pi}{4}(d_1^2-D^2)}$$ 螺纹处的切应力为 $$\tau=\frac{K_1KFd_0}{0.2(d_1^3-D^3)}$$ 合成应力为 $$\sigma_n=\sqrt{\sigma^2+3\tau^2}\leq[\sigma]$$	σ—螺纹处的拉应力(Pa) K—螺纹拧紧系数，静载时取 $K=1.25\sim1.5$；动载时，取 $K=2.5\sim4$ K_1—螺纹内摩擦因数，一般取 $K_1=0.12$ d_0—螺纹外径(m) d_1—螺纹内径(m)，当采用普通螺纹时 $d_1=d_0-1.0825t$ t—螺纹螺距(m) D—液压缸内径(m) τ—螺纹处的切应力(Pa) $[\sigma]$—螺纹材料的许用应力(Pa)；$[\sigma]=\frac{\sigma_s}{n}$ σ_s—螺纹材料的屈服点(Pa) n—安全系数，通常取 $n=1.5\sim2.5$ σ_n—合成应力(Pa) F—缸体螺纹处所受的拉力

（续）

参数名称	计 算 公 式	说　　明
缸盖连接	缸体与缸盖采用螺栓连接时，如下图所示 螺纹处的拉应力为 $$\sigma=\frac{KF}{\frac{\pi}{4}d_1^2 Z}$$ 螺纹处的切应力为 $$\tau=\frac{K_1 KFd_0}{0.2d_1^3 Z}$$ 合成应力为 $$\sigma_n=\sqrt{\sigma^2+3\tau^2}\approx 1.3\sigma\leqslant[\sigma]$$	Z—螺栓数 其他符号同螺纹连接时的计算公式
	当缸体与缸盖用外半环连接时，如下图所示 外半环 a—a 截面上的切应力为 $$\tau=\frac{pD}{4l}$$ 外半环 a—b 侧面上的挤压应力为 $$\sigma_c=\frac{pD^2}{h(2D-h)}$$ 缸筒危险截面(A—A)上的拉应力为 $$\sigma=\frac{pD_1^2}{(D-h)^2-D^2}$$ 当采用内半环连接时，如下图所示 内半环 a—a 截面上的切应力为 $$\tau=\frac{pD}{4l}$$ 内半环 a—b 侧面上的挤压应力为 $$\sigma_c=\frac{pD^2}{h(2D-h)}$$ 缸筒危险截面 A—A 上的拉应力为 $$\sigma=\frac{pD^2}{D_1^2-(D+h)^2}$$	h—半环厚度(m) l—半环宽度(m) 其他符号同焊接连接时的计算公式
活塞与活塞杆连接	活塞与活塞杆采用螺纹连接时，如下图所示 活塞杆危险截面(螺纹退刀槽)处的拉应力为	

（续）

<table>
<tr><th>参数名称</th><th>计 算 公 式</th><th>说　明</th></tr>
<tr><td rowspan="2">活塞与活塞杆连接</td><td>$\sigma=\frac{KF_1}{\frac{\pi}{4}d_1^2}$
切应力为
$\tau=\frac{K_1KF_1d_0}{0.2d_1^3}$
合成应力为
$\sigma_n=\sqrt{\sigma^2+3\tau^2}\leqslant[\sigma]$</td><td>$F_1$—液压缸输出拉力(N)，$F_1=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)p$
d—活塞杆直径(m)
$[\sigma]$—活塞杆材料的许用应力(Pa)；$[\sigma]=\frac{\sigma_s}{n}$
其他符号同螺纹连接计算公式</td></tr>
<tr><td>活塞杆与活塞肩部表面的压应力
$\sigma_c=\frac{pD^2}{(d-0.002)^2-(d_2+2C)^2}\leqslant[\sigma_c]$</td><td>$d_2$—活塞上的孔径(m)
C—活塞上孔的倒角尺寸(m)
0.002—活塞杆上的倒角尺寸(m)
$[\sigma_c]$—活塞(或活塞杆)材料的许用压应力(Pa)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">销轴、耳环连接</td><td>销轴长度l，应根据结构及耳环宽度EW来确定。下图所示的销轴型液压缸的销轴，其长度一般取为：$l=d$
销轴通常是双面受剪(特殊安装除外)，为此其直径d应按下式计算
$d=\sqrt{\frac{0.64F}{[\tau]}}$</td><td>$d$—销轴直径(m)
F—液压缸输出的最大推力(N)
$[\tau]$—销轴材料的许用切应力(Pa)，对于45钢$[\tau]=70$MPa</td></tr>
<tr><td>耳环宽度为
$EW=\frac{F}{d[\sigma_c]}$
耳环的其他有关尺寸，按照不同情况，推荐按表22.6-71选取。</td><td>d—销轴直径(m)
EW—耳环宽度(m)
$[\sigma_c]$—耳环材料的许用压应力(Pa)，通常取$[\sigma_c]=(10.2\sim0.25)\sigma_b$
σ_b—耳环材料的抗拉强度(Pa)</td></tr>
</table>

表 22.6-71　耳环尺寸　　(mm)

单耳型　双耳型

MS　CX　L　EW　EW/2　EW/2　MS　CX　L　EP

<table>
<tr><td rowspan="2">参　数</td><td colspan="2">EW</td><td colspan="3">MS</td><td>L</td></tr>
<tr><td>6.3MPa < p < 16MPa</td><td>16MPa < p < 31.5MPa</td><td>无衬套</td><td>带衬套</td><td>带球铰</td><td rowspan="2">1.2d</td></tr>
<tr><td>尺寸值</td><td>1.2d</td><td>1.4d</td><td>d</td><td>1.2d</td><td>1.4d</td></tr>
</table>

注：d为销轴直径。

2.4.6　活塞杆稳定性计算(见表 22.6-72)

表 22.6-72　活塞杆稳定性计算

参数名称	计 算 公 式	说　　明
无偏心载荷	液压缸承受轴向压缩载荷时，如下图所示，当活塞杆直径 d 与活塞杆的计算长度 l 之比大于 10 时，即$\frac{l}{d}>10$，应校核活塞杆的纵向抗弯强度或稳定性 由材料力学知，受压细长杆，当载荷力接近某一临界值时，杆将产生纵向弯曲。且其挠度值随压缩载荷的增加而急剧增大，以至屈曲破坏。对于没有偏心载荷的细长杆，其纵向弯曲强度的临界值，可按等截面法和非等截面法计算。首先介绍等截面计算法 当细长比$\frac{l}{i}\geqslant 85\sqrt{n}$时，可按欧拉公式计算临界载荷 F_k。此时 $$F_k=\frac{n\pi^2 EI}{l^2}$$ 若活塞杆为实心杆，并用钢铁材料制造时，上式可以简为 $$F_k=\frac{1.02nd^4}{l^2}\times 10^{11}$$ 当活塞杆细长比$\frac{l}{i}<85\sqrt{n}$时，用戈登—兰金公式计算临界载荷 F_k，此时 $$F_k=\frac{f_c A}{1+\frac{a}{n}\left(\frac{l}{i}\right)^2}$$ 当活塞杆细长比$\frac{l}{i}<20$ 时，可按纯压缩计算	F_k—活塞杆纵向弯曲破坏的临界载荷(N) n—末端条件系数，见表 22.6-73 E—活塞杆材料的弹性模量，对于钢，取 $E=2.1\times 10^{11}$Pa l—活塞杆截面的惯性矩(m^4) 实心活塞杆：$l=\frac{\pi d^4}{64}$ 空心活塞杆：$l=\frac{\pi}{64}(d_1^4-d_2^4)$ d_1—空心活塞杆外径(m) d_2—空心活塞杆内径(m) l—活塞杆计算长度，即活塞杆在最大伸出时，活塞杆端支点和液压缸安装点间的距离(m) i—活塞杆断面的惯性半径(m) 实心活塞杆：$i=\sqrt{\frac{I}{A}}=\frac{d}{4}$ 空心活塞杆：$i=\frac{1}{4}\sqrt{d_1^2+d_2^2}$ A—活塞杆截面积(m^2) 实心活塞杆：$A=\frac{\pi}{4}d^2$ 空心活塞杆：$A=\frac{\pi}{4}(d_1^2-d_2^2)$ f_c—材料强度实验值，见表 22.6-74 a—实验常数，见表 22.6-74
	等截面计算法是把缸筒的惯性矩看成与活塞杆相同，这与实际情况差别较大，因而这种计算方法得到的 F_k 值趋于保守。采用非等截面计算法得到的 F_k 值，与实际情况接近。其计算公式为 $$F_k=k\frac{\pi^2 EI}{l^2}$$	k—形状系数，可由下图查看，图中 $\alpha=\sqrt{\frac{I_1}{I_2}}$， $\beta=\frac{l_1}{l}$

（续）

参数名称	计 算 公 式	说 明
无偏心载荷	一般在实际使用时，为了保证活塞杆不产生纵向弯曲，活塞杆实际承受的压缩载荷要远小于极限载荷。即 $F=\dfrac{F_k}{n_k}$	形状系数 β 形状系数 α I_1—活塞杆的惯性矩（m^4） I_2—缸筒的惯性矩（m^4） l_1—活塞杆的伸出长度（m） l—液压缸安装长度（m） n_k—安全系数，一般取 $n_k=2\sim4$
承受偏心载荷	液压缸由于结构或安装上的原因，活塞杆往往承受一定的偏心载荷。此时 $F_k=\dfrac{\sigma_s A}{1+8\dfrac{e}{d}\sec\theta}$	F_k—临界载荷力（N） σ_s—活塞杆材料的屈服点（Pa） A—活塞杆截面积 e—载荷偏心量（m） d—活塞杆直径（m） θ—挠度，$\theta=C\sqrt{\dfrac{F_k}{EA}}\left(\dfrac{l}{i}\right)$ C—系数，见表22.6-73 E—活塞杆材料的弹性模量（Pa） l—活塞杆的计算长度（m） i—活塞杆截面的惯性半径（m）

（续）

参数名称	计 算 公 式	说　明
临界应力	活塞杆在临界载荷作用下的应力称为临界应力，用 σ_k 表示。σ_k 由下式计算 $$\sigma_k=\frac{F_k}{A}=n\pi^2E\left(\frac{i}{l}\right)^2$$ 为了计算方便，令 $s=\frac{1}{\sqrt{n}}$，代入上式则有 $$\sigma_k=\pi^2E\left(\frac{i}{ls}\right)^2=\pi^2E\left(\frac{i}{l_s}\right)^2$$ $$l_s=ls=\frac{1}{\sqrt{n}}$$	l_s—折合长度，不同安装条件下的折合长度，见表 22.6-73 s—长度系数

表 22.6-73　末端条件系数

类型	一端固定，一端自由	两 端 铰 接	一端固定，一端铰接	两 端 固 定
示意图				
安装形式				
n	$\frac{1}{4}$	1	2	4
l_s	$2l$	l	$\frac{\sqrt{2}}{2}l$	$\frac{l}{2}$
C	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$

注：若液压缸实际安装形式如表图左半部时，式中的 l 取左部 l 值；若液压缸实际安装形式如表图右半部时，式中的 l 则应取右边 l 值。

表 22.6-74　实验常数

材料	铸铁	锻钢	低碳钢	中碳钢
f_c/MPa	560	250	340	490
a	1/1600	1/9000	1/7500	1/5000
m	80	110	90	85

2.5　液压缸标准系列

2.5.1　工程液压缸系列

工程液压缸指主要用于工程机械、重型机械、起

重机械及矿山机械等液压系统中的液压缸，但又并不仅限于上述方面。工程液压缸为双作用、单活塞杆液压缸；安装方式多采用耳环型，按缸盖与缸体连接方式的不同可分为外螺纹连接、内卡键连接及法兰连接，其结构见图22.6-59。

(1) 型号说明

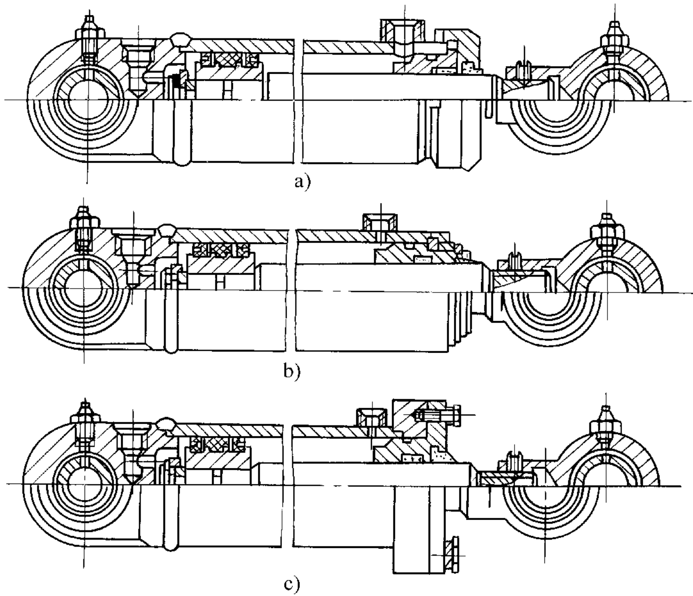
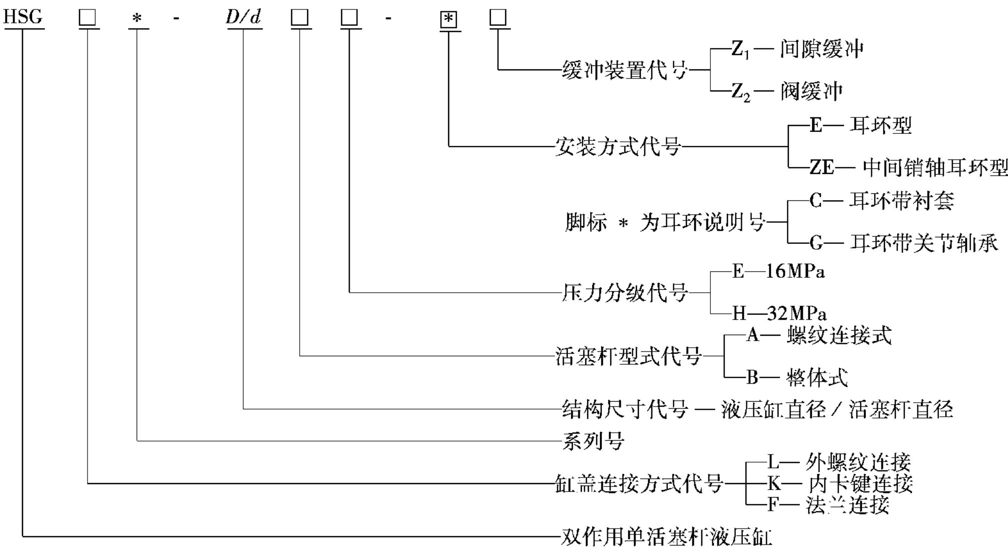


图22.6-59 工程液压缸的结构

a) 外螺纹连接式 b) 内卡键连接式 c) 法兰连接式



(2) 技术规格(见表22.6-75)

表22.6-75 工程液压缸的技术规格

缸径 D /mm	活塞杆直径 d/mm			工作压力16MPa				最大行程 s /mm
	速度比 φ			推力 /kN	拉力/kN			
	1.33	1.46	2		$\varphi=1.33$	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	
40	25	22	25	20.11	15.08	14.02	12.25	500
50	25	28	32	31.42	23.56	21.56	18.55	600
63	32	35**	45	49.88	37.01	34.48	24.43	800

（续）

缸径 *D* /mm	活塞杆直径 *d*/mm			工作压力 16MPa				最大行程 *s* /mm
	速度比 φ			推力 /kN	拉力/kN			
	1.33	1.46	2		$\varphi=1.33$	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	
80	40	45	55**	80.42	60.32	54.98	42.41	2000
(90)	45	50	63	101.79	76.34	70.37	51.91	2000
100	50	55**	70	125.66	94.25	87.65	64.08	4000
(100)	55**	63	80	152.05	114.04	102.18	71.63	4000
125	63	70	90	196.35	146.47	134.77	94.56	4000
(140)	70	80	100	246.30	184.73	165.88	120.64	4000
150**	75**	85**	105**	282.74	212.06	191.95	144.20	4000
160	80	90	110	321.70	241.27	219.91	169.65	4000
(180)	90	100	125	407.15	305.36	281.49	210.80	4000
200	100	110	140	502.65	376.99	350.60	256.35	4000
(220)	110	125	160	608.21	456.16	411.86	286.51	4000
250	125	140	180	785.40	589.05	539.10	378.25	4000

注：1. 各种结构，缸径相同，其推力、拉力均相同。

2. 速度比 φ 为活塞两侧有效面积 A_1 与 A_2 之比，即

$$\varphi=\frac{A_1}{A_2}=\frac{D^2}{D^2-d^2}=\frac{1}{1-\left(\frac{d}{D}\right)^2}$$

3. 表中带(　)的缸径尺寸为符合 GB/T 2348—1993，但非优先选用者。表中带 ** 的缸径、杆径尺寸，为不符合 GB/T 2348—1993 规定者。

（3）外形尺寸

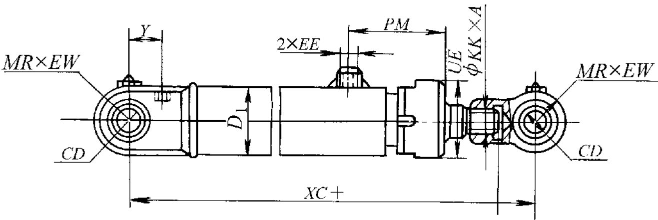
1）缸盖为外螺纹连接式液压缸安装连接尺寸　外螺纹连接式工程液压缸的型号为：HSGL—$D/d\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{B}}$E—Ec。其安装及连接尺寸见表 22.6-76。

2）缸盖为内卡键连接式液压缸安装连接尺寸　内卡键连接式液压缸的型号为：HSGL—$D/d\,\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{B}}$E—Ec。其安装及连接尺寸见表 22.6-77。

3）缸盖为法兰连接式液压缸安装连接尺寸　法兰连接式液压缸的型号为：HSGF—$D/d\,\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{B}}$E—Ec。其安装及连接尺寸见表 22.6-78。

4）活塞杆为外螺纹式液压缸的安装连接尺寸　活塞杆为外螺纹式液压缸的型号为：HSG＊01-*D*/*d*E-＊。其安装及连接尺寸见表 22.6-79。

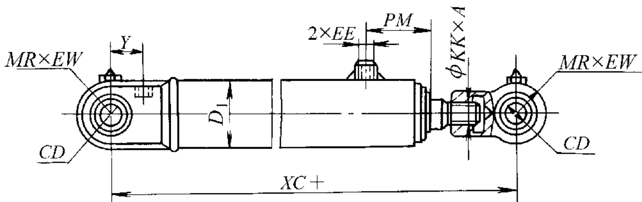
表 22.6-76　HSGL 型液压缸安装及连接尺寸　（mm）



缸径 *D*	D_1	*CD*	*Y*	*PM*	*XC*＋	*MR*×*EW*	2×*EE*	ϕ*KK*×*A*(长)
63	76	30	40	77	310＋*s*	35×35	M22×1.5	M27×2-35
80	95	40	45	77	365＋*s*	45×45	M22×1.5	M33×2-45

注：表中 *s* 为活塞行程，后面的表同。

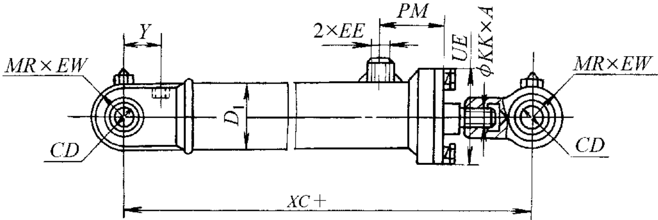
表 22.6-77　HSGK 型液压缸安装及连接尺寸　　（mm）



缸径 D	D_1	CD	Y	PM	$XC+$	$MR \times EW$	$2 \times EE$	$\phi KK \times A$(长)
80	95	40	45	65	365 + *s*	45 × 45	M22 × 1.5	M33 × 2-45
(90)	108	40	45	65	370 + *s*	45 × 45	M22 × 1.5	M36 × 2-50
100	121	50	55	65	430 + *s*	60 × 60	M33 × 2	M42 × 2-55
(110)	133	50	55	70	440 + *s*	60 × 60	M33 × 2	M48 × 2-60
125	152	50	55	82	455 + *s*	60 × 60	M33 × 2	M52 × 2 * -65
(140)	168	60	65	87	500 + *s*	70 × 70	M33 × 2	M60 × 2 * -70
160	194	60	65	95	515 + *s*	70 × 70	M42 × 2	M68 × 2 * -75
(180)	219	70	75	100	590 + *s*	80 × 80	M42 × 2	M76 × 3 * -85
200	245	80	85	105	630 + *s*	90 × 90	M42 × 2	M85 × 3 * -95
(220)	273	90	90	110	690 + *s*	100 × 100	M48 × 2	M95 × 3 * -110
250	299	100	100	120	730 + *s*	110 × 110	M48 × 2	M100 × 3-120

注：表中带 * 尺寸，为不符合 GB/T 2350—1980 规定者。

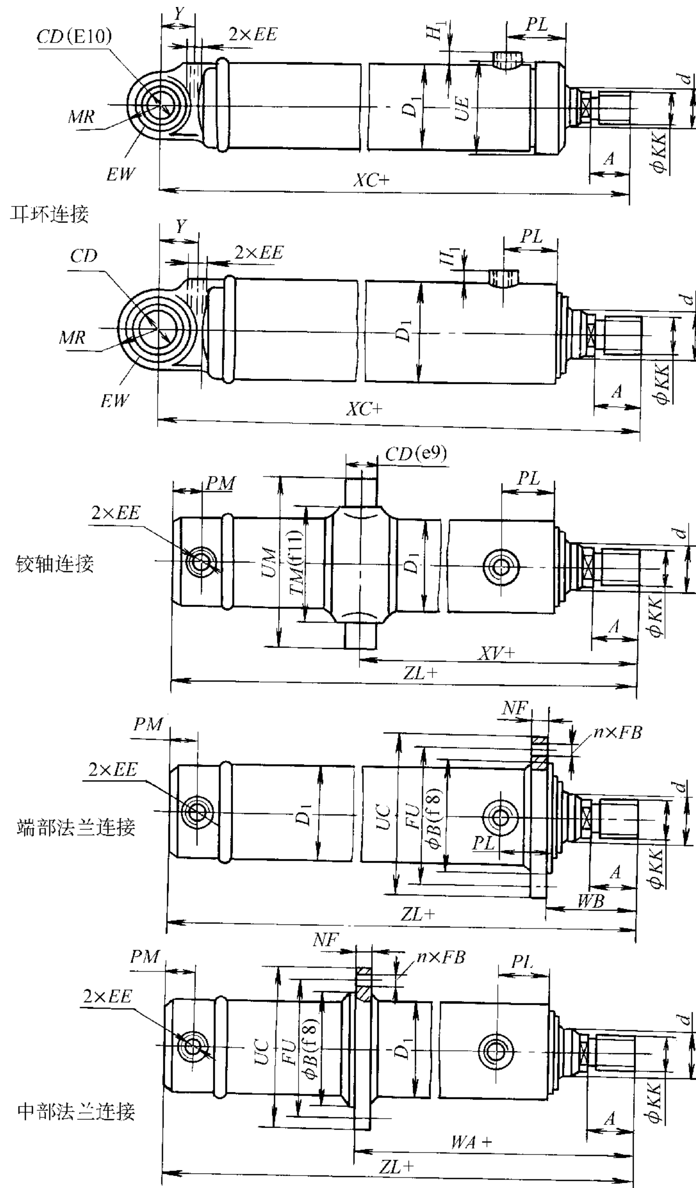
表 22.6-78　HSGF 型液压缸安装及连接尺寸　　（mm）



缸径 D	D_1	UE	CD	Y	PM	$XC+$	$MR \times EW$	$2 \times EE$	$\phi KK \times A$(长)
80	95	120	40	45	65	365 + *s*	45 × 45	M22 × 1.5	M33 × 2-45
(90)	108	140	40	45	65	370 + *s*	45 × 45	M22 × 1.5	M36 × 2-50
100	121	150	50	55	65	430 + *s*	60 × 60	M33 × 2	M42 × 2-55
(110)	133	165	50	55	70	440 + *s*	60 × 60	M33 × 2	M48 × 2-60
125	152	185	50	55	82	455 + *s*	60 × 60	M33 × 2	M52 × 2 * -65
(140)	168	200	60	65	87	500 + *s*	70 × 70	M33 × 2	M60 × 2 * -70
160	194	220	60	65	95	515 + *s*	70 × 70	M42 × 2	M68 × 2 * -75
(180)	219	250	70	75	100	590 + *s*	80 × 80	M42 × 2	M76 × 3 * -85
200	245	270	80	85	105	630 + *s*	90 × 90	M42 × 2	M85 × 3 * -95
(220)	273	300	90	90	110	690 + *s*	100 × 100	M48 × 2	M95 × 3 * -110
250	299	330	100	100	120	730 + *s*	110 × 110	M48 × 2	M100 × 3-120

注：表中带 * 的尺寸为不符合 GB/T 2350—1980 规定者。

表 22.6-79　活塞杆为外螺纹式液压缸的安装连接尺寸　(mm)



缸径 D	D_1	CD	MR	EW	ϕKK	A	Y	PL	$XC+$	$2\times EE$	H_1	UE	TM
40	57	20	25	25	M16×1.5	30	30	65	255 + s	M14×1.5	15	65	
50	68	30	35	35	M22×1.5	35	40	65	243 + s	M18×1.5	15	75	
63	83	30	35	35	M27×1.5*	40	40	65	258 + s	M18×1.5	15	90	
80	102	40	45	45	M33×1.5*	45	50	75	300 + s	M22×1.5	18	110	125
								△65					
(90)	114	40	45	45	M36×2	45	50	66	305 + s	M22×1.5	18		140
								▲76	▲325 + s				
100	127	50	60	60	M42×2	50	60	72	340 + s	M27×2	20		155
								▲82	▲360 + s				
(110)	140	50	60	60	M48×2	55	60	77	360 + s	M27×2	20		170

（续）

缸径 D	D_1	CD	MR	EW	φKK	A	Y	PL	XC +	2×EE	H_1	UE	TM
125	152	50	60	60	M52×2*	60	60	▲87 78	▲380+s 370+s	M27×2	20		185
(140)	168	60	70	70	M60×2*	65	70	85	405+s	M27×2	20		200
150**	180	60	70	70	M64×2*	70	75	▲95 92	▲425+s 420+s	M33×2	22		215
160	194	60	70	70	M68×2*	75	70	▲102 100	▲440+s 435+s	M33×2	22		230
(180)	219	70	80	80	M76×3*	85	89	107	480+s	M42×2	24		255
200	245	80	95	90	M85×3*	95	100	110	510+s	M42×2	24		285
(220)	273	90	105	100	M95×3*	105	110	120	560+s	M42×2	25		320
250	299	100	120	110	M105×3*	115	122	135	614+s	M42×2	25		350

缸径 D	UM	ZL +	PM	φB	FC	UC	NF	WB	n×FB	XV +	WA +	s
80	185	275+s	25	115	145	175	20	81	8×φ13.5	>215 <160+s	>200 <190+s	55
(90)	200	280+s ▲300+s	25	130	160	190	20	82 ▲92	8×φ15.5	>225 <165+s	>210 <195+s	60
100	230	310+s ▲330+s	30	145	180	210	20	88 ▲98	8×φ18	>250 <170+s	>230 <210+s	80
110	245	330+s ▲350+s	30	160	195	225	22	95 ▲105	8×φ18	>260 <190+s	>240 <225+s	70
125	260	340+s	30	175	210	240	22	98	10×φ18	>255 <200+s	>235 <240+s	55
(140)	290	370+s ▲390+s	35	190	225	260	24	108 ▲118	10×φ20	>290 <210+s	>265 <250+s	80
150**	305	385+s ▲405+s	35	205	245	285	26	114 ▲124	10×φ22	>305 <225+s	>285 <265+s	80
160	320	400+s	35	220	260	300	28	119	10×φ22	>310 <240+s	>290 <280+s	70
(180)	360	440+s	42	245	285	325	30	130	10×φ24	>345 <255+s	>320 <300+s	90
200	405	460+s	40	275	320	365	32	143	10×φ26	>365 <265+s	>340 <315+s	100
(220)	455	503+s	53	305	355	405	34	156	10×φ29	>395 <285+s	>365 <340+s	100
250	500	547+s	55	330	390	450	36	171	12×φ32	>430 <315+s	>395 <375+s	105

注：1. 带▲者仅为速度比 $\varphi=2$ 时的连接尺寸；带△者仅为 φ80 缸卡键式尺寸。
2. 销轴和中法兰连接的行程不得小于表中 s 值。
3. * 见表22.6-77注，** 见表22.6-75注3。

5）活塞杆端为外螺纹、杆头为耳环连接的安装连接尺寸见表22.6-80。

6）活塞杆端为内螺纹连接式液压缸的安装连接尺寸见表22.6-81。

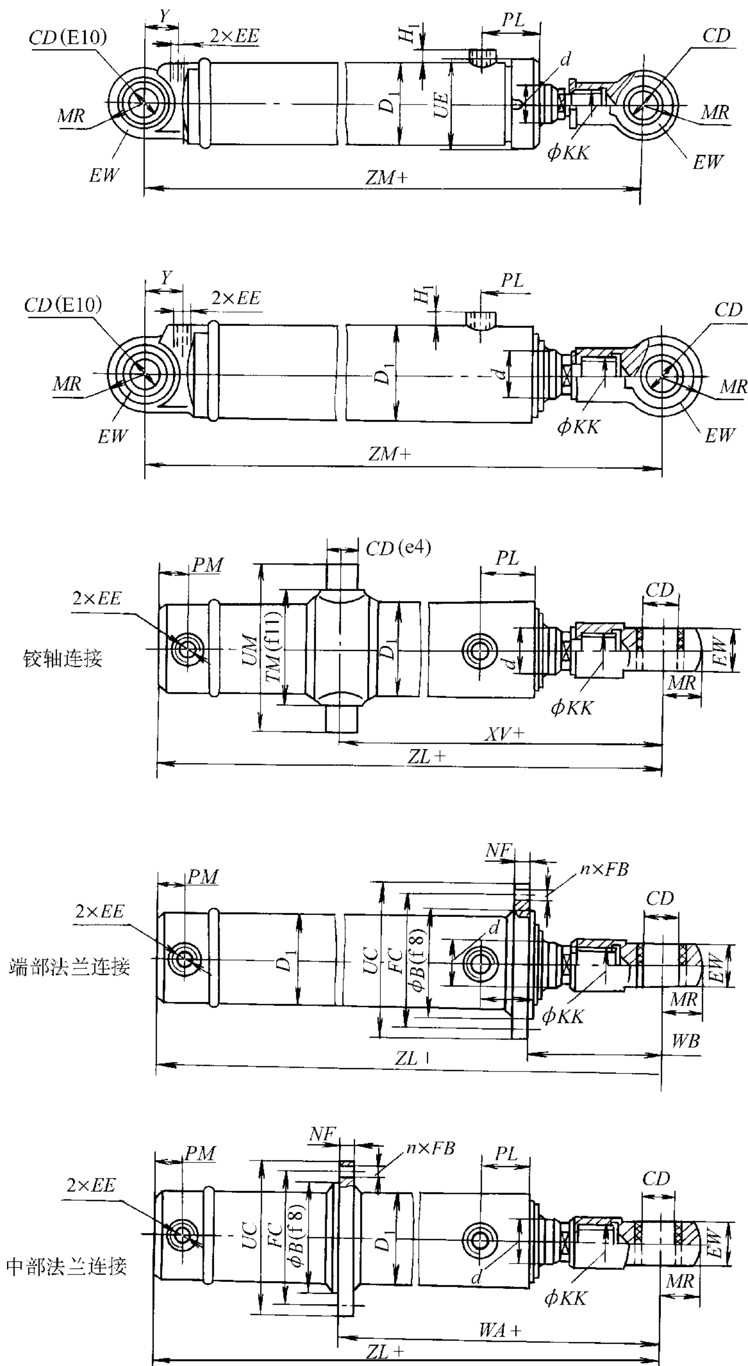
7）活塞杆端为内螺纹、杆头为耳环连接式液压缸的安装连接尺寸见表22.6-82。

2.5.2　冶金设备用标准液压缸系列

冶金设备用标准液压缸有多种规格和品种。缸径一般在40～320mm范围内，工作压力≤16MPa，可用

液压油、机械系统损耗油和乳化液等工作介质，使用温度范围为 -40～80℃，其安装方式有法兰、耳环、销轴等多种型式，且符合 ISO 6020/1—1981 标准，另外还有脚架(底座)式。

表 22.6-80　杆端外螺纹杆头耳环式液压缸的安装连接尺寸　(mm)



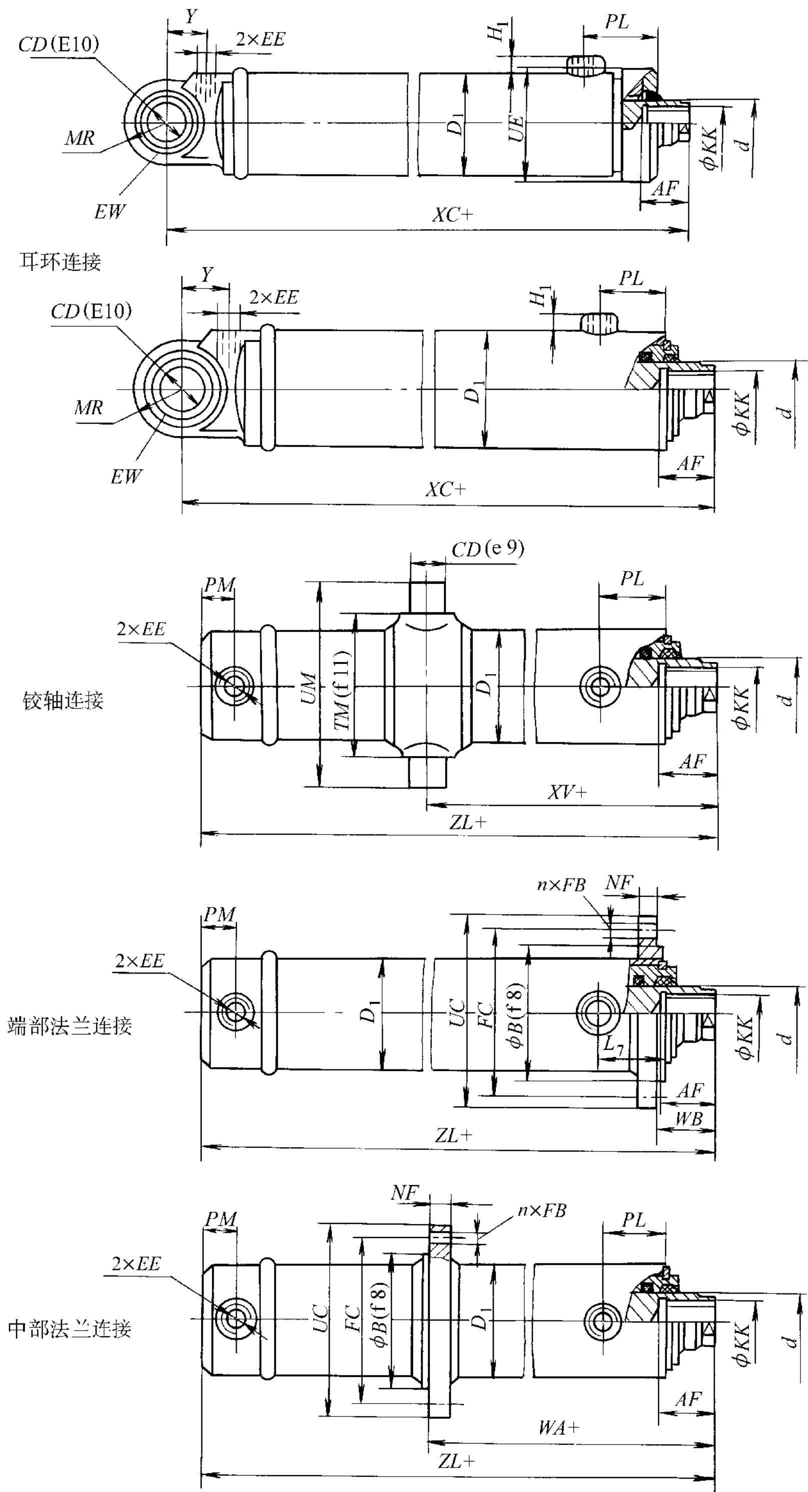
（续）

缸径 D	D_1	CD	MR	EW	φKK	Y	PL	ZM +	2×EE	H_1	UE	TM
40	57	20	25	25	M16×1.5	30	65	255 + s	M14×1.5	15	65	
50	68	30	35	35	M22×1.5	40	65	280 + s	M18×1.5	15	75	
63	83	30	35	35	M27×1.5*	40	65	295 + s	M18×1.5	15	90	
80	102	40	45	45	M33×1.5*	50	75	347 + s	M22×1.5	18	110	125
							△65					
(90)	114	40	45	45	M36×2	50	66	357 + s	M22×1.5	18		140
							▲76	▲377 + s				
100	127	50	60	60	M42×2	60	72	402 + s	M27×2	20		155
							▲82	▲422 + s				
(110)	140	50	60	60	M48×2	60	77	422 + s	M27×2	20		170
							▲87	▲442 + s				
125	152	50	60	60	M52×2*	60	78	452 + s	M27×2	20		185
(140)	168	60	70	70	M60×2*	70	85	498 + s	M27×2	20		200
							▲95	▲518 + s				
150**	180	60	70	70	M64×2*	75	92	513 + s	M33×2	22		215
							▲102	▲533 + s				
160	194	60	70	70	M68×2*	70	100	533 + s	M33×2	22		230
(180)	219	70	80	80	M76×3*	89	107	588 + s	M42×2	25		255
200	245	80	95	90	M85×3*	100	110	628 + s	M42×2	25		285
(220)	273	90	105	100	M95×3*	110	120	690 + s	M42×2	25		320
250	299	100	120	110	M105×3*	122	135	754 + s	M42×2	25		350

缸径 D	UM	ZL +	PM	φB	FC	UC	NF	WB	n×FB	XV +	WA +	s
40												
50												
63												
80	185	322 + s	25	115	145	175	20	128	8×φ13.5	>260	>245	55
										<205 + s	<235 + s	
(90)	200	322 + s	25	130	160	190	20	134	8×φ15.5	>275	>260	60
		▲352 + s						▲144		<215 + s	<245 + s	
100	230	372 + s	30	145	180	210	20	150	8×φ18	>310	>290	80
		▲392 + s						▲160		<230 + s	<270 + s	
110	245	392 + s	30	160	195	225	22	157	8×φ18	>320	>300	70
		▲412 + s						▲167		<250 + s	<285 + s	
125	260	422 + s	30	175	210	240	22	180	10×φ18	>335	>315	55
										<280 + s	<320 + s	
(140)	290	463 + s	35	190	225	260	24	201	10×φ20	>385	>360	80
		▲483 + s						▲211		<305 + s	<345 + s	
150**	305	478 + s	35	205	245	285	26	207	10×φ22	>400	>380	80
		▲498 + s						▲217		<320 + s	<360 + s	
160	320	498 + s	35	220	260	300	28	217	10×φ22	>410	>390	70
										<340 + s	<380 + s	
(180)	360	548 + s	42	245	285	325	30	238	10×φ24	>455	>430	90
										<365 + s	<410 + s	
200	405	578 + s	40	275	320	365	32	261	10×φ26	>485	>460	100
										<385 + s	<435 + s	
(220)	455	633 + s	53	305	355	405	34	285	10×φ29	>525	>495	100
										<415 + s	<470 + s	
250	500	687 + s	55	330	390	450	36	311	12×φ32	>570	>535	105
										<455 + s	<515 + s	

注：* 见表 22.6-77 注，** 见表 22.6-75 注 3；▲、△见表 22.6-79 注 1。

表 22.6-81　活塞杆端为内螺纹连接式液压缸的安装连接尺寸　(mm)



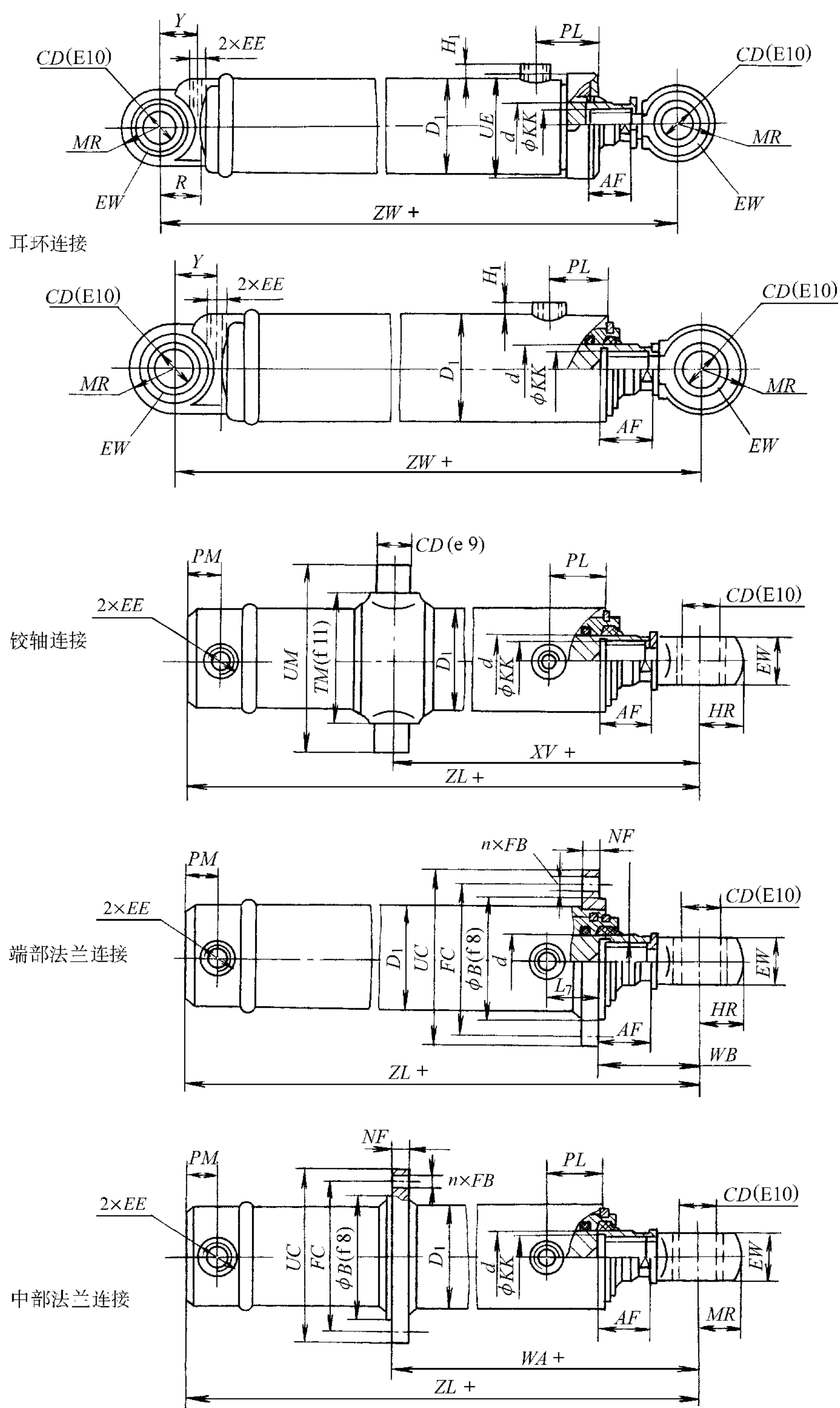
（续）

缸径 D	D_1	CD	MR	EW	φKK	AF	Y	PL	XC +	2 × EE	H_1	UE
63	83	30	35	35	M27 × 1.5 *	35	40	65	218 + s	M18 × 1.5	15	90
80	102	40	45	45	M33 × 1.5 *	40	50	75 △65	255 + s	M22 × 1.5	18	110
(90)	114	40	45	45	M36 × 2	50	50	66 ▲76	260 + s ▲280 + s	M22 × 1.5	18	
100	127	50	60	60	M42 × 2	55	60	72 ▲82	290 + s ▲310 + s	M27 × 2	20	
(110)	140	50	60	60	M48 × 2	60	60	77 ▲87	305 + s ▲325 + s	M27 × 2	20	
125	152	50	60	60	M52 × 2 *	65	60	78	310 + s	M27 × 2	20	
(140)	168	60	70	70	M60 × 2 *	70	70	85 ▲95	340 + s ▲360 + s	M27 × 2	20	
150 **	180	60	70	70	M64 × 2 *	75	75	92 ▲102	350 + s ▲370 + s	M33 × 2	22	
160	194	60	70	70	M68 × 2 *	80	70	100	360 + s	M33 × 2	22	
(180)	219	70	80	80	M76 × 3 *	90	89	107	395 + s	M42 × 2	24	
200	245	80	95	90	M85 × 3 *	100	100	110	415 + s	M42 × 2	24	
(220)	273	90	105	100	M95 × 3 *	110	110	120	455 + s	M42 × 2	25	
250	299	100	120	110	M105 × 3 *	120	122	135	499 + s	M42 × 2	25	

缸径 D	TM	UM	ZL +	PM	φB	FC	UC	NF	WB	n × FB	XV +	WA +	s
80	125	185	230 + s	25	115	145	175	20	36	8 × φ13.5	>170 <115 + s	>155 <145 + s	55
(90)	140	200	235 + s ▲255 + s	25	130	160	190	20	37 ▲47	8 × φ15.5	>180 <120 + s	>165 <150 + s	60
100	155	230	260 + s ▲280 + s	30	145	180	210	20	38 ▲48	8 × φ18	>200 <120 + s	>180 <160 + s	80
(110)	170	245	275 + s ▲295 + s	30	160	195	225	22	40 ▲50	8 × φ18	>205 <135 + s	>185 <170 + s	70
125	185	260	280 + s	30	175	210	240	22	38	10 × φ18	>195 <140 + s	>175 <180 + s	55
(140)	200	290	305 + s ▲325 + s	35	190	225	260	24	43 ▲53	10 × φ20	>225 <145 + s	>200 <185 + s	80
150 **	215	305	315 + s ▲335 + s	35	205	245	285	26	44 ▲54	10 × φ22	>235 <155 + s	>315 <195 + s	80
160	230	320	325 + s	35	220	260	300	28	44	10 × φ22	>235 <165 + s	>215 <205 + s	70
(180)	255	360	355 + s	42	245	285	325	30	45	10 × φ24	>260 <170 + s	>235 <215 + s	90
200	285	405	365 + s	40	275	320	365	32	48	10 × φ26	>270 <170 + s	>245 <200 + s	100
(220)	320	455	398 + s	53	305	355	405	34	51	10 × φ29	>290 <180 + s	>260 <235 + s	100
250	350	500	432 + s	55	330	390	450	36	56	12 × φ32	>315 <200 + s	>280 <260 + s	105

注：* 见表22.6-77注，** 见表22.6-75注3，▲、△见表22.6-79注1。

表 22.6-82　杆端内螺纹杆头耳环式液压缸的安装连接尺寸　（mm）



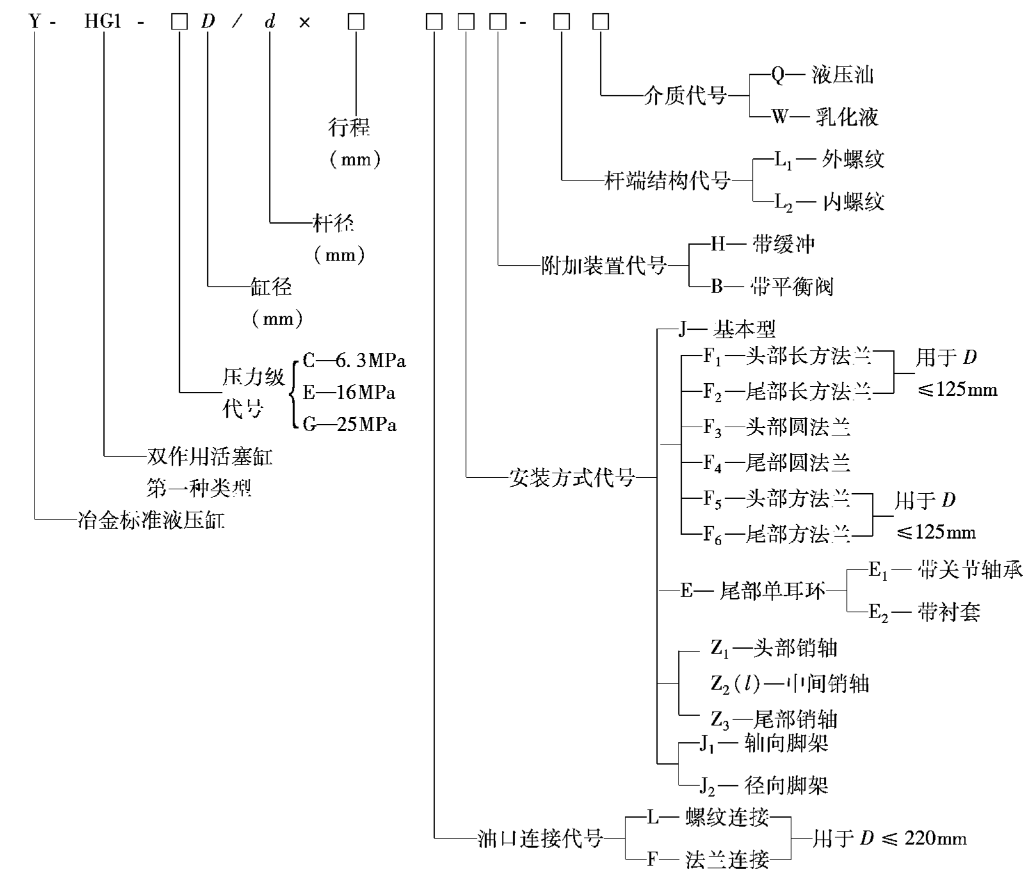
（续）

缸径 *D*	D_1	*CD*	*MR*	*EW*	φ*KK*	*AF*	*Y*	*PL*	*ZM*+	2×*EE*	H_1	*UE*
40	57	20	25	25			30	65	218+*s*	M14×1.5	15	65
50	68	30	35	35			40	65	240+*s*	M18×1.5	15	75
63	83	30	35	35	M27×1.5*	35	40	65	270+*s*	M18×1.5	15	90
80	102	40	45	45	M33×1.5*	40	50	75	317+*s*	M22×1.5	18	110
(90)	114	40	45	45	M36×2	50	50	△65 66 ▲76	312+*s* ▲332+*s*	M22×1.5	18	
100	127	50	60	60	M42×2	55	60	72 ▲82	357+*s* ▲377+*s*	M27×2	20	
(110)	140	50	60	60	M48×2	60	60	77 ▲87	372+*s* ▲392+*s*	M27×2	20	
125	152	50	60	60	M52×2*	65	60	78	377+*s*	M27×2	20	
(140)	168	60	70	70	M60×2*	70	70	85 ▲95	418+*s* ▲438+*s*	M27×2	20	
150**	180	60	70	70	M64×2*	75	75	92 ▲102	428+*s* ▲448+*s*	M33×2	22	
160	194	60	70	70	M68×2*	80	70	100	438+*s*	M33×2	22	
(180)	219	70	80	80	M76×3*	90	89	107	483+*s*	M42×2	24	
200	245	80	95	90	M85×3*	100	100	110	513+*s*	M42×2	24	
(220)	273	90	105	100	M95×3*	110	110	120	565+*s*	M42×2	25	
250	299	100	120	110	M105×3*	120	122	135	624+*s*	M42×2	25	

缸径 *D*	*TM*	*UM*	*ZL*+	*PM*	φ*B*	*FC*	*UC*	*NF*	*WB*	*n*×*FB*	*XV*+	*WA*+	*s*
40													
50													
63													
80	125	185	292+*s*	25	115	145	175	20	98	8×φ13.5	>230 <175+*s*	>215 <205+*s*	55
(90)	140	200	287+*s* ▲307+*s*	25	130	160	190	20	89 ▲99	8×φ15.5	>230 <170+*s*	>215 <200+*s*	60
100	155	230	327+*s* ▲347+*s*	30	145	180	210	20	105 ▲115	8×φ18	>265 <185+*s*	>245 <225+*s*	80
(110)	170	245	342+*s* ▲362+*s*	30	160	195	225	22	107 ▲117	8×φ18	>270 <200+*s*	>250 <235+*s*	70
125	185	260	347+*s*	30	175	210	240	22	105	10×φ18	>260 <205+*s*	>240 <245+*s*	55
(140)	200	290	383+*s* ▲403+*s*	35	190	225	260	24	121 ▲131	10×φ20	>305 <225+*s*	>280 <265+*s*	80
150**	215	305	393+*s* ▲413+*s*	35	205	245	285	26	122 ▲132	10×φ22	>315 <235+*s*	>295 <275+*s*	80
160	230	320	403+*s*	35	220	260	300	28	122	10×φ22	>315 <245+*s*	>295 <285+*s*	70
(180)	255	360	443+*s*	42	245	285	325	30	133	10×φ24	>350 <260+*s*	>325 <305+*s*	90
200	285	405	463+*s*	40	275	320	365	32	146	10×φ26	>370 <220+*s*	>345 <320+*s*	100
(220)	320	455	508+*s*	53	305	355	405	34	160	10×φ29	>400 <290+*s*	>370 <345+*s*	100
250	350	500	557+*s*	55	330	390	450	36	181	12×φ32	>440 <325+*s*	>405 <385+*s*	105

注：*见表22.6-77注，**见表22.6-75注3，▲、△见表22.6-79注1。

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.6-83、84）

表 22.6-83　冶金设备标准液压缸技术规格

缸径 D /mm	活塞杆直径/mm 速度比 φ 1.46	活塞杆直径/mm 速度比 φ 2	工作压力 16MPa 推力 /kN	工作压力 16MPa 拉力/kN $\varphi=1.46$	工作压力 16MPa 拉力/kN $\varphi=2$	油口尺寸/mm 通径	油口尺寸/mm 连接螺纹
40	22	28	20.11	14.02	10.25	10	M18×1.5
50	28	36	31.42	21.56	15.13	10	M18×1.5
63	36	45	49.88	33.59	24.43	15	M27×2
80	45	56	80.42	54.98	41.02	15	M27×2
(90)	50	63	101.79	70.37	51.91	15	M27×2
100	56	70	125.66	86.26	64.08	20	M33×2
(110)	63	80	152.05	102.18	71.63	20	M33×2
125	70	90	196.35	134.77	94.56	20	M33×2
(140)	80	100	246.30	165.88	120.64	25	M42×2
150**	85**	105**	282.74	191.95	144.20	25	M42×2
160	90	110	321.70	219.91	169.65	25	M42×2
(180)	100	125	407.15	281.49	210.80	32	M48×2
200	110	140	502.65	350.60	256.35	32	M48×2
(220)	125	160	608.21	411.86	286.51	32	M48×2
250	140	180	785.40	539.10	378.25	40	—
(280)	160	200	985.20	663.50	482.55	40	—
320	180	220	1286.80	879.65	678.58	40	—

注：1. 表中带（　）的缸径尺寸符合 GB/T 2348—1993，但不能优先选用。表中带 ** 的缸径、杆径尺寸，为不符合 GB/T 2348—1993 规定者。
2. 选用液压缸时，考虑管道阻力损失和机构中的摩擦损失，应将计算力增加 10%。

表 22.6-84 冶金液压缸最大行程系列 (mm)

缸径 D	最大行程											
	H_1		H_2		H_3		H_4		H_5		H_6	
	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	1.46	2	1.46	2	1.46	2	1.46	2	1.46	2
40	540	960	115	260	190	420	90	170	140	290	350	650
50	730	1360	180	390	300	620	130	240	210	430	480	920
63	990	1640	260	490	430	750	180	300	290	520	560	1120
80	1240	1990	330	600	550	920	230	360	370	640	830	1360
(90)	1370	2080	370	620	600	960	250	380	450	660	910	1420
100	1550	2320	420	700	680	1070	280	420	470	740	1040	1580
(110)	1700	2660	470	800	760	1240	310	480	520	860	1140	1830
125	1850	2980	520	920	830	1390	340	540	570	970	1250	2050
(140)	2150	3130	620	970	970	1460	390	560	670	1020	1460	2150
150**	2280	3160	660	990	1030	1500	410	580	720	1040	1550	2200
160	2330	3210	670	1000	1050	1510	420	590	730	1050	1580	2220
(180)	2560	3610	740	1110	1160	1680	470	650	800	1170	1740	2480
200	2780	4120	800	1270	1250	1920	510	740	870	1340	1880	2830
(220)	3240	4660	940	1440	1470	2180	590	840	1020	1520	2210	3210
250	3590	4860	1040	1490	1630	2270	650	880	1130	1580	2440	3340
(280)	3810	5210	1100	1590	1720	2420	690	940	1190	1690	2580	3570
320	4600	5800	1350	1780	2100	2700	840	1050	1460	1880	3130	3980

注：1. 表中数字是按稳定性计算的最大行程。

2. 选择液压缸行程时，应考虑 GB/T 2349—1980 标准中的选用优先次序。

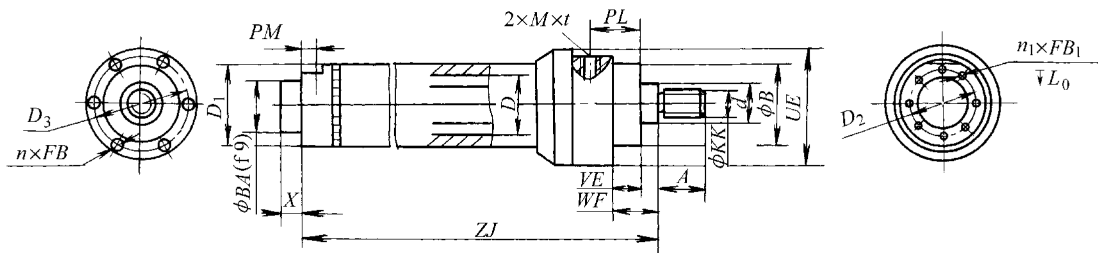
3. H_1 ~ H_6 为不同安装方式下的最大行程，其中：
H_1—头部法兰或轴向肢架安装，杆端带耳环；H_2—头部法兰或轴向脚架安装；杆端不带耳环；H_3—尾部法兰安装，杆端带耳环；H_4—尾部法兰安装，杆端不带耳环；H_5—尾部销轴或尾部单耳环安装，杆端带耳环；H_6—头部销轴安装，杆端带耳环。

4. ** 见表 22.6-75 注 3。

（3）外形尺寸

1）普通型液压缸安装连接尺寸见表 22.6-85。

表 22.6-85 普通型液压缸安装连接尺寸 (mm)



缸径 D	杆端螺纹 ϕKK		d		ϕB	ϕBA	D_2	D_3	D_1
	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	1.46	2					
40	M16×1.5	M20×1.5	22	28	48	20	42	66	54
50	M20×1.5	M27×2	28	36	55	30	50	75	63.5
63	M27×2	M33×2	36	45	70	38	60	90	76
80	M33×2	M42×2	45	56	86	55	75	112	95
(90)	M42×2	M48×2	56	63	100	55	80	132	108
100	M42×2	M48×2	56	63	118	68	95	150	121
(110)	M48×2	M48×2	63	63	132	60	95	165	133
125	M48×2	M64×3	63	85	150	80	115	184	152
(140)	M48×2	M80×3	63	95	165	95	132	200	168
150**	M64×3	M80×3	85	95	175	105	140	215	180
160	M64×3	M80×3	85	95	190	110	150	230	194

（续）

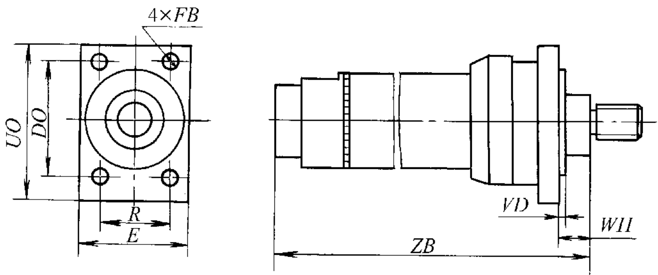
缸径 D	杆端螺纹 ϕKK		d		ϕB	ϕBA	D_2	D_3	D_1
	φ = 1. 46	φ = 2	1. 46	2					
(180)	M80 × 3	M80 × 3	95	95	200	110	160	250	219
200	M80 × 3	M100 × 3	95	112	215	120	170	280	245
(220)	M100 × 3	M100 × 3	112	112	240	140	200	310	273
250	M100 × 3	M125 × 4	112	125	280	160	220	340	299
280 **	M125 × 4	M125 × 4	125	125	300	180	240	370	325
320	M125 × 4	M160 × 4	125	160	360	200	280	430	377

缸径 D	UE	VE	WF	ZJ	X	PM	PL	L_0	$n_1 \times FB_1$	$n \times FB$
40	80	19	32	190	8	26	44	12	8 × M6	6 × M8
50	90	24	38	205	8	18	61	12	8 × M6	6 × M8
63	108	29	45	224	10	25	52	12	8 × M8	6 × M10
80	134	36	54	250	10	36	58	13	8 × M10	6 × M12
(90)	158	36	55	270	10	43	63	17	8 × M12	6 × M16
100	175	37	57	300	10	47	69	18	8 × M12	8 × M16
(110)	195	37	57	310	10	50	73	22	8 × M16	8 × M16
125	212	37	60	325	10	50	85	22	8 × M16	8 × M16
(140)	230	37	62	335	10	53	74	22	8 × M16	8 × M16
150 **	245	41	64	350	10	54	85	22	8 × M16	8 × M16
160	265	41	66	370	10	59	91	26	8 × M20	8 × M20
(180)	280	41	70	410	15	65	98	27	8 × M20	8 × M20
200	310	45	75	450	15	65	115	27	8 × M20	8 × M20
(220)	340	45	80	490	20	75	123	36	8 × M24	12 × M20
250	380	64	96	550	25	80	145	36	8 × M24	12 × M24
280 **	410	64	100	600	30	80	162	36	8 × M24	12 × M24
320	470	71	108	660	35	80	190	36	12 × M24	16 × M24

注：** 见表 22. 6-75 注 3。

2）头部长方法兰型液压缸安装连接尺寸见表 22. 6-86。

表 22. 6-86　头部长方法兰型液压缸安装连接尺寸　（mm）



缸径 D	WH	ZB	R	DO	VD	UO	E	FB
40	16	198	40. 6	98	3	120	86	9
50	18	213	48. 2	116. 4	4	140	95	11
63	20	234	55. 5	134	4	165	115	13. 5
80	22	260	63. 1	152. 5	4	190	140	17. 5
(90)	23	280	70	168	4	210	170	22
100	25	310	76. 5	184. 8	5	230	185	22
(110)	25	320	83	200	5	245	205	22
125	28	335	90. 2	217. 1	5	260	225	22

3）尾部长方法兰型液压缸的安装连接尺寸见表22.6-87。

表22.6-87　尾部长方法兰型液压缸的安装连接尺寸　（mm）

缸径 D	ZF	R	DO	UO	E	L_1'	φBA	FB
40	206	40.6	98	120	65	42	20	9
50	225	48.2	116.4	140	75	38	30	11
63	249	55.5	134	164	85	50	38	13.5
80	282	63.1	152.5	200	100	68	55	17.5
(90)	302	70	168	210	115	75	55	22
100	332	76.5	184.8	230	120	79	68	22
(110)	342	83	200	245	130	82	60	22
125	357	90.2	217.1	260	155	82	80	22

4）头部圆法兰型液压缸的安装连接尺寸见表22.6-88。

表22.6-88　头部圆法兰型液压缸的安装连接尺寸　（mm）

缸径 D	ZB	VD	WF	UE	FD	FB	φBA	缸径 D	ZB	VD	WF	UE	FD	FB	φBA
40	198	3	16	126	106	9	20	150**	360	5	28	310	265	22	105
50	213	4	18	150	126	11	30	160	380	5	30	325	280	22	110
63	234	4	20	175	145	13.5	38	(180)	425	5	34	360	310	26	110
80	260	4	22	200	165	17.5	55	200	465	5	35	390	340	26	120
(90)	280	4	23	228	185	22	55	(220)	510	5	40	435	380	33	140
100	310	5	25	245	200	22	68	250	575	8	40	475	420	33	160
(110)	320	5	25	260	215	22	60	(280)	630	8	44	525	470	39	180
125	335	5	28	280	235	22	80	320	695	8	45	585	520	39	200
(140)	345	5	30	300	255	22	95								

注：** 见表22.6-75注3。

5）尾部圆法兰型液压缸的安装连接尺寸见表22.6-89。

表22.6-89　尾部圆法兰型液压缸的安装连接尺寸　（mm）

（续）

缸径 D	ZF	UE	FD	φBA	L_1'	FB	缸径 D	ZF	UE	FD	φBA	L_1'	FB
40	206	126	106	20	42	9	150**	386	310	265	105	90	22
50	225	150	126	30	38	11	160	406	325	280	110	95	22
63	249	175	145	38	50	13.5	(180)	450	360	310	110	105	26
80	282	200	165	55	68	17.5	200	490	390	340	120	105	26
(90)	302	228	185	55	75	22	(220)	535	435	380	140	120	33
100	332	245	200	68	79	22	250	606	475	420	160	136	33
(110)	342	260	215	60	82	22	280**	660	525	470	180	140	39
125	357	280	235	80	82	22	320	723	585	520	200	143	39
(140)	370	300	255	95	88	22							

注：** 见表 22.6-75 注 3。

6）头部方法兰型液压缸的安装连接尺寸见表 22.6-90。

表 22.6-90　头部方法兰型液压缸的安装连接尺寸　（mm）

缸径 D	ZB	TV	UG	FB	WF	VD
40	198	95	115	9	16	3
50	213	115	140	11	18	4
63	234	132	160	13.5	20	4
80	260	155	190	17.5	22	4
(90)	280	170	210	22	23	4
100	310	190	230	22	25	5
(110)	320	215	255	22	25	5
125	335	224	265	22	28	5

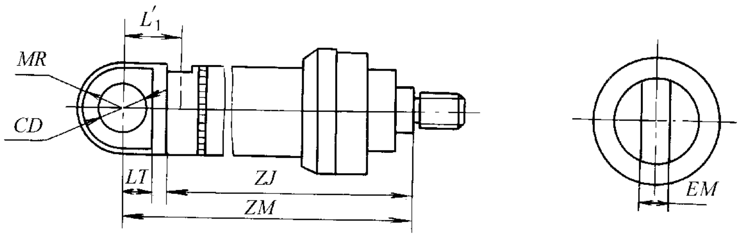
7）尾部方法兰型液压缸的安装连接尺寸见表 22.6-91。

表 22.6-91　尾部方法兰型液压缸的安装连接尺寸　（mm）

缸径 D	ZF	TV	UG	L_1'	φBA	FB
40	206	65	90	42	20	9
50	225	80	110	38	30	11
63	249	95	130	50	38	13.5
80	282	110	150	68	55	17.5
(90)	302	120	165	75	55	22
100	332	135	180	79	68	22
(110)	342	145	190	82	60	22
125	357	160	205	82	80	22

8）尾部单耳环型液压缸的安装连接尺寸见表22.6-92。

表22.6-92　尾部单耳环型液压缸的安装连接尺寸　（mm）

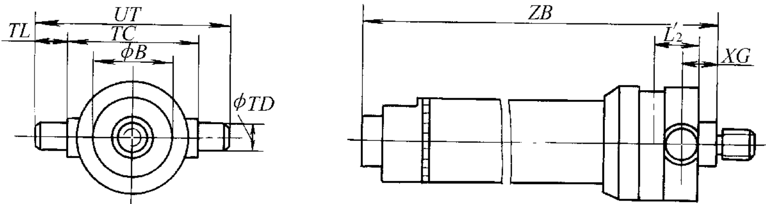


缸径 *D*	*ZJ*	*ZM*	L_1'	*LT*	*EW*	*MR*	*CD*
40	190	231	67	25	18	27	20
50	205	257	70	32	22	32	25
63	224	289	90	40	26	38	30
80	250	332	118	50	30	47.5	40
(90)	270	360	133	58	35	54	45
100	300	395	142	63	38	60.5	50
(110)	310	405	145	67	38	66.5	50
125	325	428	153	71	50	76	60
(140)	335	445	163	78	58	84	70
150**	350	475	179	84	58	90	70
160	370	505	194	90	62	97	80
(180)	410	550	205	100	68	109.5	90
200	450	615	230	112	72	122.5	100
(220)	490	670	255	140	72	136.5	110
250	550	773	303	160	88	149.5	120
(280)	600	845	325	175	88	162.5	140
320	660	930	350	200	92	188.5	160

注：** 见表22.6-75注3。

9）头部销轴型液压缸的安装连接尺寸见表22.6-93。

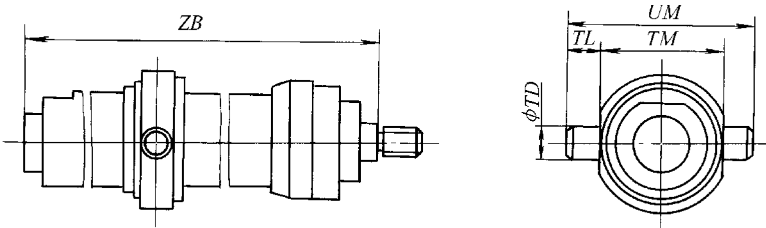
表22.6-93　头部销轴型液压缸的安装连接尺寸　（mm）



缸径 *D*	*ZB*	*XG*	L_2'	*UT*	*TC*	*TL*	ϕB	ϕTD
40	198	19.5	50	122	90	16	48	20
50	213	23	67	145	105	20	55	25
63	234	27	59	170	120	25	70	32
80	260	31.5	67	199	135	32	86	40
(90)	280	30	77	217	145	36	100	45
100	310	29.5	87	240	160	40	118	50

10）中间销轴型液压缸的安装连接尺寸见表22.6-94。

表 22.6-94　中间销轴型液压缸的安装连接尺寸　（mm）

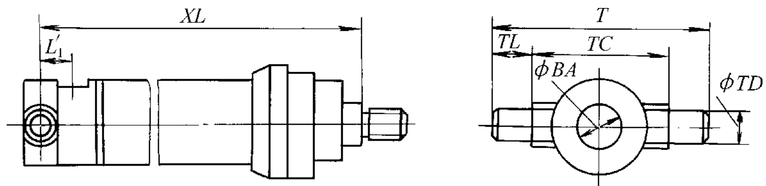


缸径 D	ZB	UM	TM	TL	ϕTD	缸径 D	ZB	UM	TM	TL	ϕTD
40	198	122	90	16	20	150**	360	345	225	60	75
50	213	145	105	20	25	160	380	366	240	63	80
63	234	170	120	25	32	(180)	425	405	265	70	90
80	260	199	135	32	40	200	465	455	295	80	100
(90)	280	217	145	36	45	(220)	510	510	330	90	110
100	310	240	160	40	50	250	575	570	370	100	125
(110)	320	265	175	45	55	(280)	630	640	420	110	140
125	335	295	195	50	63	320	695	720	470	125	160
(140)	345	320	210	55	70						

注：** 见表 22.6-75 注 3。

11）尾部销轴型液压缸的安装连接尺寸见表 22.6-95。

表 22.6-95　尾部销轴型液压缸的安装连接尺寸　（mm）

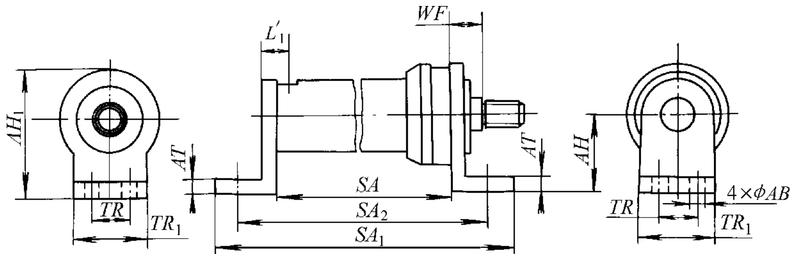


缸径 D	XL	L_1'	T	TC	TL	ϕBA	ϕTD
40	202.5	38.5	122	90	16	20	20
50	220	33	145	105	20	30	25
63	242	43	170	120	25	38	32
80	272.5	58.5	199	135	32	55	40
(90)	295	68	217	145	36	55	45
100	327.5	74.5	240	160	40	68	50
(110)	340	80	265	175	45	60	55
125	350	84	295	195	50	80	63
(140)	372.5	90.5	320	210	55	95	70
150**	390	94	345	225	60	105	75
160	412.5	101.5	366	240	63	110	80
(180)	457.5	112.5	405	265	70	110	90
200	502.5	117.5	455	295	80	120	100
(220)	547.5	132.5	510	330	90	140	110
250	615	145	570	370	100	160	125
(280)	672.5	152.5	640	420	110	180	140
320	742.5	162.5	720	470	125	200	160

注：** 见表 22.6-75 注 3。

12）轴向脚架型液压缸的安装连接尺寸（见表 22.6-96）

表 22.6-96 轴向脚架型液压缸的安装连接尺寸 (mm)

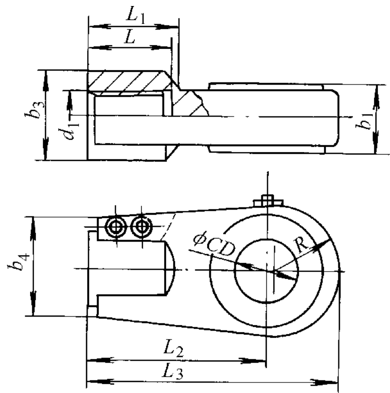


缸径 D	SA_1	SA	SA_2	WF	L_1'	TR	TR_1	AH	AT	AH_1	ϕAB
40	268	158	228	32	42	45	80	60	18	100	13.5
50	287	167	247	38	38	55	90	70	22	115	13.5
63	329	179	279	45	50	70	110	85	28	140	17.5
80	366	196	316	54	68	90	134	105	35	172	17.5
(90)	405	215	345	55	75	100	158	116	35	195	22
100	433	243	373	57	79	125	175	125	35	213	22
(110)	443	253	383	57	82	145	195	135	35	233	22
125	485	265	415	60	82	155	212	150	35	256	26
(140)	503	273	433	62	88	170	230	155	40	270	26
150**	516	286	446	64	90	185	245	165	40	290	26
160	564	304	484	66	95	190	260	175	40	305	33
(180)	610	340	530	70	105	200	280	190	45	330	33
200	645	375	565	75	105	220	310	205	45	360	33
(220)	710	410	620	80	120	250	340	225	50	395	39
250	774	454	684	98	136	300	380	255	60	445	39
(280)	850	500	750	100	140	320	410	275	65	480	45
320	952	552	832	108	143	370	470	310	70	545	52

注：** 见表22.6-75 注3。

13）头部耳环型液压缸的安装连接尺寸(见表22.6-97)

表 22.6-97 头部耳环型液压缸的安装连接尺寸 (mm)



缸径 D	d_1		b_1	b_3		b_4		ϕCD
	φ=1.46	φ=2		φ=1.46	φ=2	φ=1.46	φ=2	
40	M16×1.5	M20×1.5	18	26	30	36	40	20
50	M20×1.5	M27×2	22	30	37	40	47	25
63	M27×2	M33×2	26	37	45	47	63	30
80	M33×2	M42×2	30	45	56	63	72	40
(90)	M42×2	M48×2	35	56	70	66	75	45
100	M42×2	M48×2	38	56	70	72	78	50

（续）

缸径 D	d_1		b_1	b_3		b_4		ϕCD
	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$		$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	
(110)	M48×2	M48×2	38	70	70	75	94	50
125	M48×2	M64×3	50	70	90	78	104	60
(140)	M48×2	M80×3	58	70	110	94	122	70
150**	M64×3	M80×3	58	90	110	98	116	70
160	M64×3	M80×3	62	90	110	104	130	80
(180)	M80×3	M80×3	68	110	110	122	140	90
200	M80×3	M100×3	72	110	140	130	160	100
(220)	M100×3	M100×3	72	140	140	160	160	110
250	M100×3	M125×4	88	140	165	160	185	120
(280)	M125×4	M125×4	88	165	165	185	200	140
320	M125×4	M160×4	92	165	220	185	220	160

缸径 D	L		L_1		L_2		L_3		R	
	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$	$\varphi=1.46$	$\varphi=2$
40	23	29	34	40	60	65	88	98	25	30
50	29	37	40	48	72	80	105	118	30	35
63	37	46	48	60	80	100	118	150	35	45
80	46	57	60	70	110	120	160	182.5	45	57.5
(90)	57	64	70	80	128	136	181	201	50	60
100	57	64	70	80	133	143	195.5	213	57.5	65
(110)	64	64	80	80	147	147	212	229	60	75
125	64	87	80	105	151	176	221	271	65	85
(140)	64	97	80	117	158	195	240	300	75	95
150**	87	97	105	117	190	200	277	287	80	80
160	87	97	105	117	195	207	290	327	85	110
(180)	97	97	117	117	220	220	325	350	95	120
200	97	114	117	140	230	252	350	392	110	130
(220)	114	114	140	140	280	280	410	440	120	130
250	114	127	140	170	300	330	440	510	130	170
(280)	127	127	170	170	345	345	505	505	150	150
320	127	162	170	210	370	410	505	590	170	170

注：1. 耳环图号 E 包含 E_1、E_2 两种型式，其安装尺寸相同。

2. 选用头部耳环型液压缸时，头部耳环应单独定货。

3. ** 见表 22.6-75 注 3。

2.5.3　车辆用液压缸系列

本系列液压缸主要用于工程机械、起重运输机械、矿山设备及其他车辆上的液压系统中。其安装方式为耳环式，均为双作用单活塞杆液压缸。

（1）DG 型车辆用液压缸

DG 型车辆用液压缸的结构如图 22.6-60 所示。

1）型号说明如下：

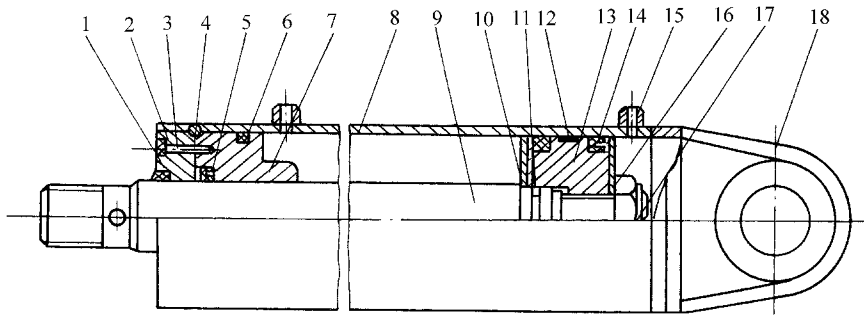
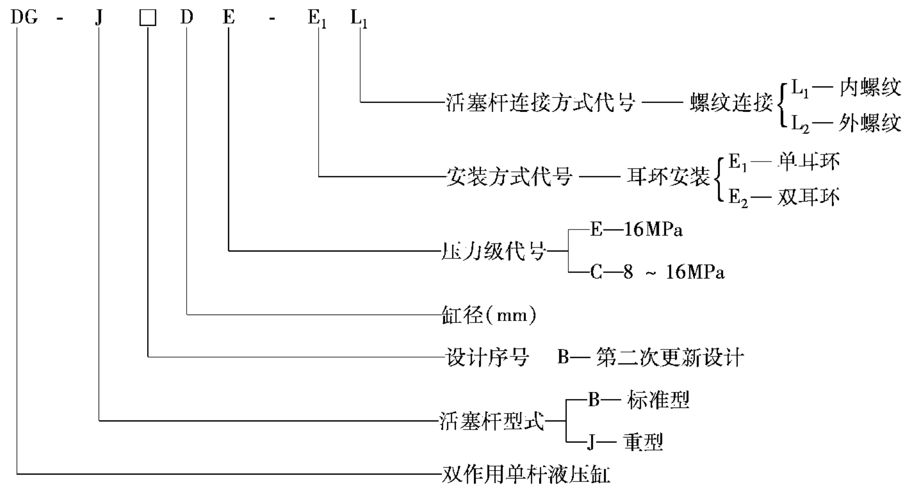


图 23.6-60　DG 型车辆用液压缸的结构

1—防尘圈　2—压盖　3—内六角螺钉　4—弹簧卡圈　5、14—Y 形密封圈　6、11—密封圈　7—导向套　8—缸筒　9—活塞杆　10—挡圈　12—支承环　13—活塞　15—接头　16—带槽螺母　17—开口销　18—缸盖



2）技术规格见表22.6-98。

表22.6-98　DG型液压缸技术规格

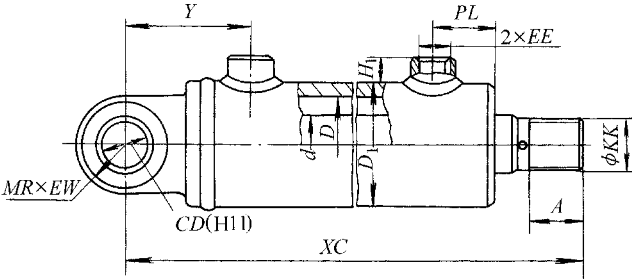
缸径 D/mm	活塞杆直径 d/mm	活塞面积/10^{-4}cm² 大端	活塞面积/10^{-4}cm² 小端	推力/kN 14MPa	推力/kN 16MPa	拉力/kN 14MPa	拉力/kN 16MPa	最大行程 /mm
40	22	12.57	8.77	17.60	20.11	12.28	14.03	1500
50	28	19.63	13.48	27.48	31.41	18.87	21.57	1500
63	35**	31.17	21.55	43.64	49.87	30.17	34.48	2500
70**	40	38.48	25.92	53.87	61.57	36.29	41.47	2500
80	45	50.27	34.36	70.38	80.43	48.10	54.98	2500
100	55**	78.54	54.78	109.96	125.66	76.69	87.65	6000
(110)	63	95.03	63.86	133.04	152.05	89.40	102.18	6000
125	70	122.72	84.23	171.82	196.35	117.92	134.77	8000
(140)	80	153.94	103.67	215.52	246.30	145.14	165.87	8000
150**	85**	176.71	119.97	247.39	282.74	167.96	191.95	8000
160	90	201.06	137.44	281.48	321.70	192.42	219.90	8000
(180)	100	254.47	175.93	356.26	407.15	246.30	281.49	8000
200	110	314.16	219.13	439.82	502.66	306.78	350.61	8000
(220)	125	380.13	257.41	532.18	608.21	360.37	411.86	8000
250	140	490.87	336.94	687.22	785.39	471.72	539.10	8000
(280)	150**	615.75	439.04	862.05	985.20	614.66	702.46	8000
320	180	804.25	549.78	1125.95	1286.80	769.69	879.65	8000

注：1. 表中带(　)的缸径尺寸符合GB/T 2348—1993，为非优先选用者。表中带**的缸径、杆径尺寸，为不符合GB/T 2348—1993者。

2. 速度比 $\varphi=1.46$，如需其他速度比定货时应指明。

3）外形尺寸见表22.6-99～表22.6-101。

表22.6-99　DG-JB*E型液压缸的外形尺寸　（mm）

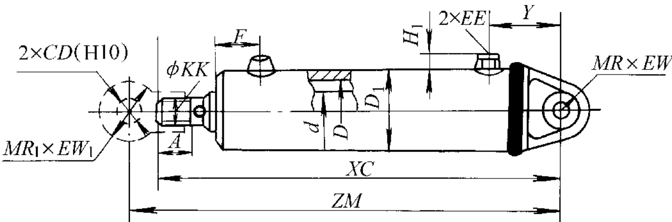


（续）

缸径 D	d	D_1	$MR \times EW$	CD	Y	$2 \times EE$	H_1	PL	ϕKK	A	XC
50	28	70	25×28	20	66	22×1.5	15	52	M24×1.5 *	25	242
63	35 **	83	30×40	32	84	22×1.5	15	59	M30×2	40	260
70 **	40	90	35×45	36	86	22×1.5	15	65	M36×2	40	285
80	45	102	40×50	40	89	22×1.5	15	72	M42×2	56	309
100	55 **	127	50×63	50	102	27×2	20	78	M48×2	63	351
(110)	63	140	55×75	55	120	27×2	20	85	M56×2	75	390
125	70	152	62×80	63	133	27×2	20	90	M64×3	85	420
(140)	80	168	65×80	65	145	33×2	25	95	M72×3	85	450
150 **	85 **	180	71×80	70	155	33×2	25	100	M80×3	95	475
160	90	194	80×85	80	167	33×2	25	103	M80×3	95	500
(180)	100	219	90×95	90	190	42×2	25	108	M90×3	106	554
200	110	245	100×105	100	205	42×2	25	118	M100×3	112	594
(220)	125	280	100×105	110	215	48×2	30	135	M110×3	112	680
250	140	312	110×110	120	245	48×2	30	140	M125×4	125	720
(280)	150 **	344	120×120	130	255	52×2 *	40	160	M140×4	140	810
320	180	380	130×130	140	282	52×2	40	180	M160×4	160	900

注：表中带＊尺寸，为不符合 GB/T 2350—1980 和 GB/T 2878—1993 规定者；表中带＊＊尺寸，为不符合 GB/T 2348—1993 和 GB/T 2349—1980 规定者。

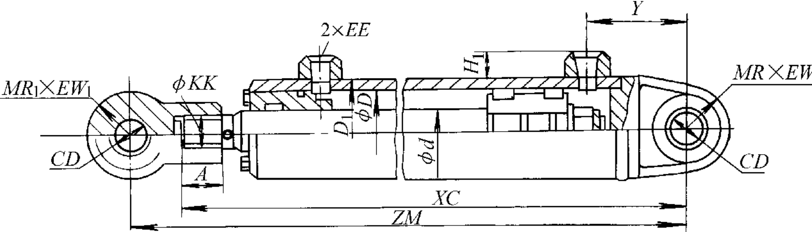
表 22.6-100　DG-J＊C-E＊型液压缸的外形尺寸　（mm）



缸径 D	D_1	XC	ZM	A	F	Y	H_1	ϕKK	$2 \times EE$	$MR \times EW$	$MR_1 \times EW_1$ $\begin{pmatrix} -0.2 \\ -0.5 \end{pmatrix}$	$2 \times CD$ (H10)
40	60	200	226	29	43	59	15	M20×1.5	3/8″	20×22	45×37.5	16
50	70	242	276	34	52	66	15	M24×1.5 *	3/8″	25×28	56×45	20
63	83	274	317	36	59	79	20	M30×1.5 *	1/2″	35.5×40	71×60	31.5
80	102	306	359	42	57	94	20	M39×1.5 *	1/2″	42.5×50	90×75	40
100	127	369	427	62	66	111	24	M48×1.5 *	3/4″	53×63	112×95	50
125	152	421	496	70	70	136	24	M64×2 *	3/4″	67×80	140×118	63
150 **	194	481	566	80	78	169	25	M80×2 *	1″	75×80	170×135	71

注：带＊、＊＊尺寸见表 22.6-99 注。

表 22.6-101　DG-J＊C-E＊型液压缸的外形尺寸　（mm）



缸径 D	D_1	XC	ZM	A	Y	H_1	ϕKK	$MR \times EW$	$MR_1 \times EW_1$	$2 \times EE$	CD
40	60	206	228	29	62	45	M20×1.5	20×22	23×37.5	3/8″	16
50	70	242	268	34	68	50	M24×1.5 *	25×28	28×45	3/8″	20

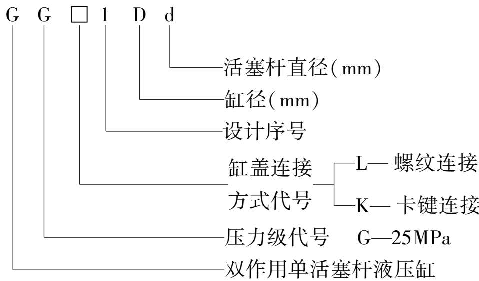
（续）

缸径 D	D_1	XC	ZM	A	Y	H_1	φKK	MR×EW	MR_1×EW_1	2×EE	CD
63	76 83	281	320	36	84	58 61.5	M30×1.5*	35×40	35.5×60	1/2″	32
80	102 105	312	360	42	96	71 72.5	M39×1.5*	43×50	45×75	1/2″	40
100	121 127	372	425	62	115	84.5 87.5	M48×1.5*	53×63	56×95	3/4″	50
125	152 159	428	498	70	140	100 103.5	M64×2*	67×80	70×118	3/4″	63
150**	180 185	492	572	80	170	115 117.5	M80×2*	75×80	85×135	1″	70

注：带*、**尺寸见表22.6-99注。

（2）G型车辆用液压缸

1）型号说明如下：



2）技术规格见表22.6-102。

表22.6-102　G型液压缸技术规格

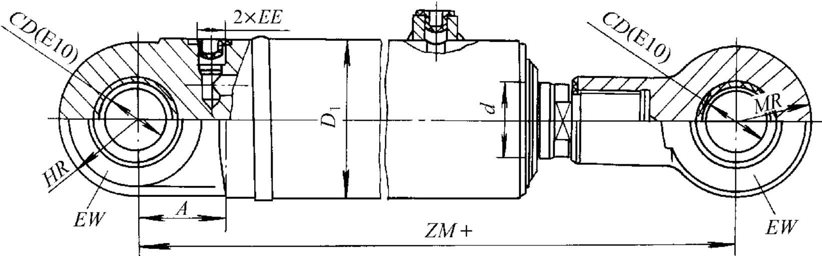
缸径 D /mm	活塞杆直径 d/mm			推力 /kN	拉力/kN		
	φ=1.46	φ=1.66	φ=2		1.46	1.66	2
80	45	50	56	125.66	85.90	76.58	64.09
(90)	50	56	63	159.04	109.96	97.47	81.11
100	56	63	70	196.35	134.77	118.42	100.14
(110)	63	70	80	237.58	159.65	141.37	111.92
125	70	80	90	306.80	210.58	181.13	147.75
(140)	80	90	100	384.85	259.18	225.80	188.50
160	90	100	110	502.65	343.61	306.31	265.07
(180)	100	110	125	636.17	439.82	398.59	329.38
200	110	125	140	785.40	547.82	478.60	400.55

3）外形尺寸见表22.6-103。

2.5.4　重载液压缸

重载液压缸有CD型单活塞杆双作用差动缸和CG型双活塞杆双作用等速缸两种。其安装型式和尺寸符合ISO 3320—1987标准，特别适合于环境恶劣、重载的工作条件，适用于钢铁、铸造及机械制造等场合。

表22.6-103　G型车辆用液压缸外形尺寸　　（mm）



缸径 D	活塞杆直径 d			D_1	CD	EW×A	MR	ZM+	2×EE
	φ=1.46	φ=1.66	φ=2						
80	45	50	56	102	40	50×50	52	370+s	M18×1.5
(90)	50	56	63	114	45	55×55	58	400+s	M22×1.5
100	56	63	70	127	50	60×60	70	430+s	M22×1.5
(110)	63	70	80	140	60	60×60	70	460+s	M22×1.5
125	70	80	90	152	60	70×70	80	500+s	M27×2
(140)	80	90	100	172	70	80×80	90	550+s	M27×2
160	90	100	110	194	80	90×90	110	600+s	M33×2
(180)	100	110	125	224	90	100×100	115	650+s	M33×2
200	110	125	140	245	100	110×110	125	700+s	M42×2

(1) 型号说明

□ □ □ ◪ - □ □ 10 / □ □ □ □ □ □ □

液压缸类型
CD—差动缸
CG—等速缸

系列　250—25MPa
　　　350—35MPa

安装型式
A—缸底衬套耳环
B—缸底球铰耳环
C—缸头法兰
D—缸底法兰
E—中间耳轴安装
F—底座安装

系列		活塞直径/mm	活塞杆直径/mm	面积比 φ	活塞直径/活塞杆径
250	350				
✓		40	20	1.3∶1	=40/20
✓	✓		28	2∶1	=40/28
✓		50	28	1.4∶1	=50/28
✓	✓		36	2∶1	=50/36
✓		63	36	1.4∶1	=63/36
✓	✓		45	2∶1	=63/45
✓		80	45	1.4∶1	=80/45
✓	✓		56	2∶1	=80/56
✓		100	56	1.4∶1	=100/56
✓	✓		70	2∶1	=100/70
✓		125	70	1.4∶1	=125/70
✓	✓		90	2∶1	=125/90
✓		140	90	1.6∶1	=140/90
✓	✓		100	2∶1	=140/100
✓		160	100	1.6∶1	=160/100
✓	✓		110	2∶1	=160/110
✓		180	110	1.6∶1	=180/110
✓	✓		125	2∶1	=180/125
✓		200	125	1.6∶1	=200/125
✓	✓		140	2∶1	=200/140
✓		220	140	1.6∶1	=220/140
✓	✓		160	2∶1	=220/160
✓		250	160	1.6∶1	=250/160
✓	✓		180	2∶1	=250/180
✓		280	180	1.6∶1	=280/180
✓	✓		200	2∶1	=280/200
✓		320	200	1.6∶1	=320/200
✓	✓		220	2∶1	=320/220

行程长度/mm

缸头缸底连接方式
A—两端均以螺纹连接
B②—缸头以螺纹连接，缸底焊接

10—10 系列，10—19 系列安装尺寸相同

管路连接
01—英制 BSP 圆柱管螺纹
02—米制管螺纹

活塞杆材料
C—45 钢，表面镀硬铬
H①—50 钢，表面淬火，镀硬铬
L—1Cr17Ni2，表面镀硬铬

活塞杆螺纹
G—适用于耳环 GA、GAK 及 SA 的螺纹
A—适用于 GAS 耳环的螺纹

端部缓冲
U—无
D—有

液压介质
M—矿物油，采用丁腈橡胶密封件
V—磷酸酯，采用氟橡胶密封件

密封结构型式
T—滑动环组合密封
A—V 形密封圈组

更进一步的说明

① 仅适合于活塞杆直径 $\phi\leqslant100$。
② 仅适合于活塞直径 $\phi\leqslant100$。

（2）技术规格(见表 22.6-104 ~ 表 22.6-107)

表 22.6-104　CD/CG 重载液压缸技术参数

缸径/mm	杆径/mm	速度比 φ	推力/kN						拉力/kN			
			25MPa			35MPa			25MPa		35MPa	
			非差动	差动 CD	等速 CG	非差动	差动 CD	等速 CG	差动 CD	等速 CG	差动 CD	等速 CG
40	▲20 28	1.3 2	31.40	15.40	21.90 16.00	44.00	21.56	22.44	2	21.9 16.00	22.44	22.44
50	▲28 36	1.4 2	49.10	25.45	33.67 23.62	68.72	35.63	— 33.07	23.62	33.67 23.62	33.07	33.07
63	▲36 45	1.4 2	77.90	39.75	52.50 38.15	109.10	55.65	— 534.4	38.17	52.50 38.15	53.44	53.44
80	▲45 56	1.4 2	125.65	61.57	85.90 64.10	175.90	86.2	— 89.7	64.10	85.9 64.10	89.7	89.7
100	▲56 70	1.4 2	196.35	96.2	134.75 100.15	274.90	134.68	— 140.2	100.15	134.75 100.15	140.2	140.2
125	▲70 90	1.4 2	306.75	159.05	210.50 147.75	429.50	222.69	— 206.8	147.75	210.50 147.75	206.8	206.8
140	▲90 100	1.6 2	384.75	196.35	225.80 188.50	538.70	274.89	— 263.9	188.50	225.80 188.50	263.9	263.9
160	▲100 110	1.6 2	502.50	237.57	306.30 265	703.50	332.6	— 371	265	306.30 265	371	371
180	▲110 125	1.6 2	636.17	306.8	398.6 329.38	890.60	429.52	— 461.1	329.38	398.6 329.38	461.1	461.1
200	▲125 140	1.6 2	785.25	384.85	478.60 400.55	1099	538.79	— 560.7	400.55	478.60 400.55	560.7	560.7
220	▲140 160	1.6 2	950.33	502.65	565.48 447.5	1330	703.7	— 626.5	447.5	565.48 447.5	626.5	626.5
250	▲160 180	1.6 2	1227.2	636.17	724.53 591	1715	890.64	— 829.4	591	724.53 591	829.4	829.4
280	▲180 200	1.6 2	1539.4	785.40	903.20 754	2155	1099.56	— 1055.5	754	903.20 754	1055.5	1055.5
320	▲200 220	1.6 2	2010.6	950.32	1225.20 1060.3	2814.8	1330.45	— 1484.4	1060.3	1225.20 1060.3	1484.4	1484.4

注：带▲号活塞杆径无 35MPa 液压缸。

表 22.6-105　CD/CG 重载液压缸最大行程及全长公差　（mm）

<table>
<tr><td rowspan="2">全长公差</td><td>L + 行程 = 安装长度</td><td colspan="2">0 ~ 499</td><td colspan="2">500 ~ 1249</td><td colspan="2">1250 ~ 3149</td><td>3150 ~ 8000</td></tr>
<tr><td>许用偏差</td><td colspan="2">±1.5</td><td colspan="2">±2</td><td colspan="2">±3</td><td>±5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">最大行程</td><td>液压缸内径</td><td>40</td><td>50</td><td colspan="2">63</td><td>80</td><td colspan="1">90 ~ 125</td><td>140 ~ 320</td></tr>
<tr><td>可达到的最大行程</td><td>2000</td><td>3000</td><td colspan="2">4000</td><td>6000</td><td>8000</td><td>10000</td></tr>
</table>

注：根据欧拉公式，杆在铰接结构、刚性导向载荷下，安全系数为 3.5，对于各种安装型式、各种缸径在不同工作压力时，活塞杆在弯曲应力(压缩载荷)作用下的许用行程，详见样本。

表 22.6-106　缸头与缸筒螺纹连接时 CD250、CD350 系列螺钉紧固力矩

系列	活塞直径/mm	40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
CD 250	头部和底部/N · m 密封盖/N · m	20 —	40 —	100 —	100 —	250 —	490 30	490 301 60	1260 60	1260 60	1710 60	1710 250	2310 250	2970 250	2970 250
CD 350	头部和底部/N · m 密封盖/N · m	30 —	60 —	100 —	250 —	490 —	850 60	1260 100	1260 100	1710 250	2310 250	2310 250	3390 250	3850 250	4770 250

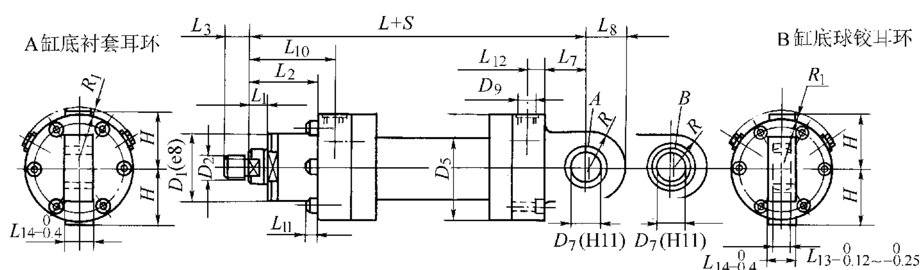
表 22.6-107　重载液压缸安装方式与产品

型　　号	安装方式代号					
	A	B	C	D	E	F
	缸底衬套耳环	缸底球铰耳环	缸头法兰	缸底法兰	中间耳轴	切向底座
CD250	○	○	○	○	○	○
CG250			○		○	○
CD350	○	○	○	○	○	○
CG350			○		○	○

注："○"标记表示该安装方式有产品。

（3）CD/CG 重载液压缸外形尺寸(见表 22.6-108 ~ 表 22.6-115)

表 22.6-108　CD250A、CD250B 差动重载液压缸外形尺寸　（mm）



		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		20/28	28/36	36/45	45/56	56/70	70/90	90/100	100/110	110/125	125/140	140/160	160/180	180/200	200/220
D_1		55	68	75	95	115	135	155	180	200	215	245	280	305	340
CD250A、CD250B	D_2 A	M18×2	M24×2	M30×2	M39×3	M50×3	M64×3	M80×3	M90×3	M100×3	M110×4	M120×4	M120×4	M150×4	M160×4
	D_2 G	M16×1.5	M22×1.5	M28×1.5	M35×1.5	M45×1.5	M58×1.5	M65×1.5	M80×2	M100×2	M110×2	M120×3	M120×3	M130×3	—
	D_5	85	105	120	135	165	200	220	265	290	310	355	395	430	490
	D_7	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	110	120	140
	D_9 01	1/2 BSP	1/2 BSP	3/4 BSP	3/4 BSP	1 BSP	11/4 BSP	11/4 BSP	11/2 BSP	11/2 BSP	11/2 BSP	11/2 BSP	11/2 BSP	11/2 BSP	11/2 BSP
	D_9 02	M22×1.5	M22×1.5	M27×2	M27×2	M33×2	M42×2	M42×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2
	L	252	265	302	330	385	447	490	550	610	645	750	789	884	980
	L_1	17	21	25	15.5	33	32	37/33	40	40/37	40	25	25	35	40
	L_2	54	58	67	65	85	97	105	120	130	135	155	165	170	195
	L_3 A	30	35	45	55	75	95	110	120	140	150	160	160	190	200
	L_3 G	16	22	28	35	45	58	65	80	100	110	120	120	130	—
	L_7(A10/B10)	32.5	37.5	45	52.5/50	60	70	75	85	90	115	125	140	150	175
	L_8	27.5	32.5	40	50	62.5	70	82	95	113	125	142.5	160	180	200
	L_{10}	76	80	89.5	86	112.5	132	145	160	175	180	225	235	270	295
	L_{11}	8	10	12	12	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	L_{12}	20.5	20.5	22.5	32.5	32.5	35	40	40	55	40	70	70	99	100
	L_{14}	23	28	30	35	40	50	55	60	65	70	80	80	90	110

（续）

活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		20/ 28	28/ 36	36/ 45	45/ 56	56/ 70	70/ 90	90/ 100	100/ 110	110/ 125	125/ 140	140/ 160	160/ 180	180/ 200	200/ 220
CD 250A、CD 250B	H R R_1(A10/B10)	45 27.5 7/16	35 32.5 2/14	63 40 2/9	70 50 1.5/5	82.5 62.5 —/11.5	103 65 4/—	112.5 77 —	132.5 88 27.5/—	147.5 103 18/—	157.5 115 20/—	180 132.5 —	200 150 —	220 170 —	250 190 —
CD 250B	L_{13}	20	22	25	28	35	44	49	55	60	70	70	70	85	90
CD 250A	系数 X 系数 Y	5 0.011/0.015	7.5 0.015/0.019	13 0.020/0.024	18 0.030/0.039	34 0.050/0.060	76 0.078/0.092	99 0.105/0.122	163 0.136/0.156	229 0.170/0.192	275 0.220/0.246	417 0.262/0.299	571 0.346/0.387	712 0.387/0.434	1096 0.510/0.562
CD 250B	重量/kg	$m=X+Y\times$行程(mm)													

注：1. A10 型用螺纹连接缸底，适用于所有尺寸的缸径。

2. B10 型用焊接缸底，只用在≤100mm 的缸径。

3. 缸头外侧采用密封盖，仅用于≥125mm 的缸径。

4. 缸头外侧采用活塞杆导向套，仅用于≤100mm 的缸径。

5. 缸头、缸底与缸筒螺纹联接时，如缸径≤100mm，螺钉头均露在法兰外；当缸径>100mm，螺钉头凹入缸底法兰内。

6. 单向节流阀和排气阀与水平线夹角 θ：对 CD350 系列，缸径≤200mm，$\theta=30°$；缸径≥220mm，$\theta=45°$。对 CD250 系列，除缸径 =320mm，$\theta=45°$外，其余均为 30°。

7. 01 为惠氏管螺纹，02 为 ISO 米制螺纹。

表 22.6-109　CD350A、CD350B 差动重载液压缸外形尺寸　　（mm）

活塞直径			40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径			28	36	45	56	70	90	100	110	125	140	160	180	200	220
CD 350A、CD 350B	D_1		58	70	88	100	120	150	170	190	220	230	260	290	330	340
	D_2	A	M24×2	M30×2	M39×2	M50×3	M64×3	M80×3	M90×3	M100×3	M110×4	M120×4	M120×4	M150×4	M160×4	M180×4
		G	M22×1.5	M28×1.5	M35×1.5	M45×1.5	M58×1.5	M65×1.5	M80×2	M100×2	M110×2	M120×3	M120×3	M130×3	—	—
	D_5		90	110	145	156	190	235	270	290	325	350	390	440	460	490
	D_7		$30_{-0.010}^{0}$	$35_{-0.012}^{0}$	$40_{-0.012}^{0}$	$50_{-0.012}^{0}$	$60_{-0.015}^{0}$	$70_{-0.015}^{0}$	$80_{-0.015}^{0}$	$90_{-0.020}^{0}$	$100_{-0.020}^{0}$	$110_{-0.020}^{0}$	$110_{-0.020}^{0}$	$120_{-0.020}^{0}$	$140_{-0.025}^{0}$	$160_{-0.025}^{0}$
	D_9	01	1/2 BSP	1/2 BSP	3/4 BSP	3/4 BSP	1 BSP	$1^1/_4$ BSP	$1^1/_4$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP
		02	M22×1.5	M22×1.5	M27×2	M27×2	M33×2	M42×2	M42×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2
	L		268	280	330	355	390	495	530	600	665	710	760	825	895	965
	L_1		18	18	18	18	18	20	20	30	30	26	18	16	30	45
	L_2		63	65	65	75	80	100	110	130	145	155	165	175	190	205
	L_3	A	35	45	55	75	95	110	120	140	150	160	160	190	200	220
		G	22	28	35	45	58	65	80	100	110	120	120	130	—	—

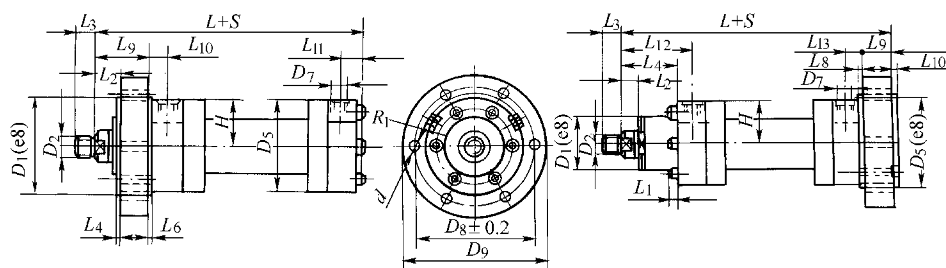
（续）

活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		28	36	45	56	70	90	100	110	125	140	160	180	200	220
CD350A、CD350B	L_7	35	43	50/57.5	55	65	75	80	90	105	115	115	140	170	200
	L_8	34	41	50	63	70	82	95	113	125	142.5	142.5	180	200	250
	L_{10}	88	90	100	111	112.5	145	160	187.5	205	215	225	245	265	275
	L_{11}	8	10	12	16	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	L_{12}	20	25	35/27.5	30	32.5	45	50	57.5	60	55	55	60	85	70
	L_{14}	$28_{-0.4}^{0}$	$30_{-0.4}^{0}$	$35_{-0.4}^{0}$	$40_{-0.4}^{0}$	$50_{-0.4}^{0}$	$55_{-0.4}^{0}$	$60_{-0.4}^{0}$	$65_{-0.4}^{0}$	$70_{-0.4}^{0}$	$80_{-0.4}^{0}$	$80_{-0.5}^{0}$	$90_{-0.5}^{0}$	$100_{-0.4}^{0}$	$110_{-0.4}^{0}$
	H	—	—	74	78	97.5	118	137.5	147.5	162.5	177.5	197.5	222.5	232	250
	R	32	39	47	58	65	77	88	103	115	132.5	132.5	170	190	240
	R_1	5/6	—/4	—/12.5	—/7	—/10	—	—	15/—	10/—	2/—	—	—	—	—
	系数 X	12	18	46	54	83	164	246	338	369	554	700	901	1077	1458
	系数 Y	0.010	0.016	0.029	0.051	0.076	0.116	0.163	0.213	0.264	0.317	0.418	0.541	0.584	0.685
	重量/kg	$m=X+Y\times$行程(mm)													
CD350B	L_{13}	$22_{-0.12}^{0}$	$25_{-0.15}^{0}$	$28_{-0.12}^{0}$	$35_{-0.12}^{0}$	$44_{-0.15}^{0}$	$49_{-0.15}^{0}$	$55_{-0.15}^{0}$	$60_{-0.2}^{0}$	$70_{-0.2}^{0}$	$70_{-0.2}^{0}$	$70_{-0.2}^{0}$	$85_{-0.2}^{0}$	$90_{-0.25}^{0}$	$105_{-0.25}^{0}$

注：同表22.6-108。

表22.6-110　CD250C、CD250D差动重载液压缸外形尺寸　（mm）

C 缸头法兰　　　　D缸底法兰



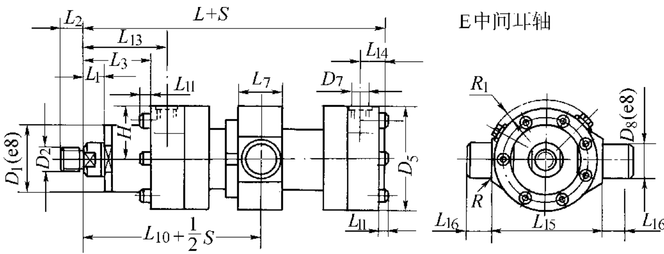
活塞直径			40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径			20/28	28/36	36/45	45/56	56/70	70/90	90/100	100/110	110/125	125/140	140/160	160/180	180/200	200/220
CD250C、CD250D、CG250C	D_2	A	M18×2	M24×2	M30×2	M39×3	M50×3	M64×3	M80×3	M90×3	M100×3	M110×4	M120×4	M120×4	M150×4	M160×4
		G	M16×1.5	M22×1.5	M28×1.5	M35×1.5	M45×1.5	M58×1.5	M65×1.5	M80×2	M100×2	M110×2	M120×3	M120×3	M130×3	—
	D_7	01	1/2 BSP	1/2 BSP	3/4 BSP	3/4 BSP	1 BSP	$1\frac{1}{4}$ BSP	$1\frac{1}{4}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP
		02	M22×1.5	M22×1.5	M27×2	M27×2	M33×2	M42×2	M42×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2
	D_8		108	130	155	170	205	245	265	325	360	375	430	485	520	600
	D_9		130	160	185	200	245	295	315	385	420	445	490	555	590	680
	L_3	A	30	35	45	55	75	95	110	120	140	150	160	160	190	200
		G	16	22	28	35	45	58	65	80	100	110	120	120	130	—
	d		9.5	11.5	14	14	18	22	22	28	30	33	33	39	39	45
	R_1(A10/B10)		7/16	2/14	2/9	1.5/5	—/11.5	4/—	—	27.5/—	18/—	20/—	—	—	—	—
	H		45	55	63	70	82.5	103	112.5	132.5	147.5	157.5	180	200	220	250

（续）

活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		20/28	28/36	36/45	45/56	56/70	70/90	90/100	100/110	110/125	125/140	140/160	160/180	180/200	200/220
CG、CD250C	D_1	90	110	130	145	175	210	230	275	300	320	370	415	450	510
	D_5	85	105	120	135	165	200	220	265	290	310	355	395	430	490
	L	268	278	324	325	405	474	520	585	635	665	780	814	905	1000
	$L_4(L_6)$	5	5	5	5	5	5(10)	10	10	10	10	10	10	10	10
	L_2	19	23	27	25	35	37	45	50	50	50	60	70	65	65
	L_9	49	53	62	60	80	87	95	110	120	125	145	155	160	185
	L_{10}	27	27	27.5	26	32.5	45	50	50	55	55	80	80	110	110
	L_{11}	27	27	27.5	30	32.5	35	45	50	55	45	80	80	109	110
CD250D	D_1	55	68	75	95	115	135	155	180	200	215	245	280	305	340
	D_5	90	110	130	145	175	210	230	275	300	320	370	415	450	510
	L	256	264	297	315	375	432	475	535	585	615	720	744	839	935
	L_1	8	10	12	12	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	L_2	17	21	25	15.5	33	32	37/33	40	40/37	40	25	25	35	40
	L_4	54	58	67	65	85	97	105	120	130	135	155	165	170	195
	$L_8(L_{10})$	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	L_9	30	30	35	35	45	50	50	60	70	75	85	85	95	120
	L_{12}	76	80	89.5	86	112.5	132	145	160	175	180	225	235	270	295
	L_{13}	27	27	27.5	35	37.5	40	50	50	55	50	80	80	109	110
CD250C	系数 X	8	12	20	23	41	95	120	212	273	334	485	643	784	1096
CD250D	系数 X	9	13	22	26	48	95	120	212	273	334	485	643	784	1263
CD250C	系数 Y	0.011/0.015	0.015/0.019	0.020/0.024	0.030/0.039	0.050/0.060	0.078/0.092	0.105/0.122	0.136/0.156	0.17/0.192	0.22/0.246	0.262/0.299	0.346/0.387	0.387 0.434	0.510/0.562
CD250D	重量/kg	$m=X+Y\times$行程(mm)													

注：同表22.6-108。

表22.6-111 CD250E差动重载液压缸外形尺寸 （mm）



活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		20/28	28/36	36/45	45/56	56/70	70/90	90/100	100/110	110/125	125/140	140/160	160/180	180/200	200/220
D_1		55	68	75	95	115	135	155	180	200	215	245	280	305	340
D_2	A	M18×2	M24×2	M30×2	M39×3	M50×3	M64×3	M80×3	M90×3	M100×3	M110×4	M120×4	M120×4	M150×4	M160×4
	G	M16×1.5	M22×1.5	M28×1.5	M35×1.5	M45×1.5	M58×1.5	M65×1.5	M80×2	M100×2	M110×2	M120×3	M120×3	M130×3	—
D_5		85	105	120	135	165	200	220	265	290	310	355	395	430	490

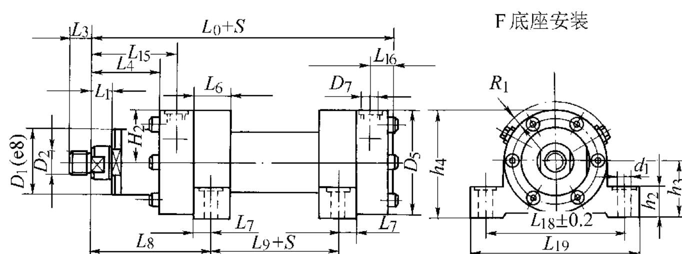
（续）

活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		20/ 28	28/ 36	36/ 45	45/ 56	56/ 70	70/ 90	90/ 100	100/ 110	110/ 125	125/ 140	140/ 160	160/ 180	180/ 200	200/ 220
D_7	01	1/2 BSP	1/2 BSP	3/4 BSP	3/4 BSP	1 BSP	$1^1/_4$ BSP	$1^1/_4$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP	$1^1/_2$ BSP
	02	M22 ×1.5	M22 ×1.5	M27 ×2	M27 ×2	M33 ×2	M42 ×2	M42 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2
D_8		30	30	35	40	50	60	65	75	85	90	100	110	130	160
L		268	278	324	325	405	474	520	585	635	665	780	814	905	1000
L_1		17	21	25	15.5	33	32	37/33	40	40/37	40	25	25	35	40
L_2	A	30	35	45	55	75	95	110	120	140	150	160	160	190	200
	G	16	22	28	35	45	58	65	80	100	110	120	120	130	—
L_3		54	58	67	65	85	97	105	120	130	135	155	165	170	195
L_7		35	35	40	45	55	65	70	80	95	95	110	125	145	175
L_{10}（中间）		136	143.5	162	170	201	237	260	292.5	317.5	332.5	390	407	452	500
L_{11}		8	10	12	12	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L_{13}		76	80	89.5	86	112.5	132	145	160	175	180	225	235	270	295
L_{14}		27	27	27.5	30	32.5	35	45	50	55	45	80	80	109	110
L_{15}		$95_{-0.2}^{0}$	$115_{-0.2}^{0}$	$130_{-0.2}^{0}$	$145_{-0.2}^{0}$	$175_{-0.2}^{0}$	$210_{-0.5}^{0}$	$230_{-0.5}^{0}$	$275_{-0.5}^{0}$	$300_{-0.5}^{0}$	$320_{-0.5}^{0}$	$370_{-0.5}^{0}$	$410_{-0.5}^{0}$	$450_{-0.5}^{0}$	$510_{-0.5}^{0}$
L_{16}		20	20	20	25	30	40	42.5	52.5	55	55	60	65	70	90
R		1.6	1.6	2	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
系数 X		7	10	17.5	20	35	81	104	165	248	282	444	591	745	1138
系数 Y		0.011/ 0.015	0.015/ 0.019	0.02/ 0.024	0.03/ 0.039	0.050/ 0.060	0.078/ 0.092	0.105/ 0.122	0.136/ 0.156	0.17/ 0.192	0.220/ 0.246	0.262/ 0.299	0.346/ 0.387	0.387/ 0.434	0.510/ 0.562
重量/kg		$m = X + Y \times$ 行程（mm）													

注：1. H、R_1 与 CD250C 缸头法兰安装的液压缸相同。

2. 其余同表 22.6-108。

表 22.6-112　CD250F 差动重载液压缸外形尺寸　（mm）



活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		20/ 28	28/ 36	36/ 45	45/ 56	56/ 70	70/ 90	90/ 100	100/ 110	110/ 125	125/ 140	140/ 160	160/ 180	180/ 200	200/ 220
D_1		55	68	75	95	115	135	155	180	200	215	245	280	305	340
D_2	A	M18 ×2	M24 ×2	M30 ×2	M39 ×3	M50 ×3	M64 ×3	M80 ×3	M90 ×3	M100 ×3	M110 ×4	M120 ×4	M120 ×4	M150 ×4	M160 ×4
	G	M16 ×1.5	M22 ×1.5	M28 ×1.5	M35 ×1.5	M45 ×1.5	M58 ×1.5	M65 ×1.5	M80 ×2	M100 ×2	M110 ×2	M120 ×3	M120 ×3	M130 ×3	—
D_5		85	105	120	135	165	200	220	265	290	310	355	395	430	490

（续）

活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		20/28	28/36	36/45	45/56	56/70	70/90	90/100	100/110	110/125	125/140	140/160	160/180	180/200	200/220
D_7	01	1/2 BSP	1/2 BSP	3/4 BSP	3/4 BSP	1 BSP	$1\frac{1}{4}$ BSP	$1\frac{1}{4}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP
	02	M22×1.5	M22×1.5	M27×2	M27×2	M33×2	M42×2	M42×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2
L_0		226	234	262	275	325	377	420	475	515	535	635	659	744	815
L_1		17	21	25	15.5	33	32	37/33	40	40/37	40	25	25	35	40
L_3	A	30	35	45	55	75	95	110	120	140	150	160	160	190	200
	G	16	22	28	35	45	58	65	80	100	110	120	120	130	—
L_4		54	58	67	65	85	97	105	120	130	135	155	165	170	195
L_6		30	35	40	55	65	60	65	75	80	90	94	100	110	120
L_7		12.5	12.5	15	27.5	25	30	32.5	37.5	40	45	47	50	55	60
L_8		106.5	110.5	127	135	165	192	207.5	232.5	250	260	307	320	370	400
L_9		55	57	70	55	75	90	105	120	135	145	166	174	165	200
L_{15}		76	80	89.5	86	112.5	132	145	160	175	180	225	235	270	295
L_{16}		27	27	27.5	30	32.5	35	45	50	55	45	80	80	109	110
L_{18}		110	130	150	170	205	255	280	330	360	385	445	500	530	610
L_{19}		135	155	180	210	250	305	340	400	440	465	530	600	630	730
d_1		11	11	14	18	22	25	28	31	37	37	45	52	52	62
h_2		26	31	37	42	52	60	65	70	80	85	95	110	125	140
h_3		45	55	65	70	85	105	115	135	150	160	185	205	225	255
h_4		90	110	128	140	167.5	208	227.5	267.5	297.5	317.5	365	405	445	505
系数 X		7	10	17.5	20	35	85	111	184	285	302	510	589	816	1171
系数 Y		0.011/0.015	0.015/0.019	0.020/0.024	0.030/0.039	0.050/0.060	0.078/0.092	0.103/0.122	0.136/0.156	0.17/0.192	0.220/0.246	0.262/0.299	0.346/0.387	0.387/0.434	0.510/0.562
重量/kg		$m = X + Y \times$ 行程（mm）													

注：1. H_2 和 R_1 与其他缸的 H、R_1 相同。

2. 其余同表 22.6-108。

表 22.6-113　CD350C、CD350D 差动重载液压缸外形尺寸　（mm）

C 缸头法兰　　D 缸底法兰

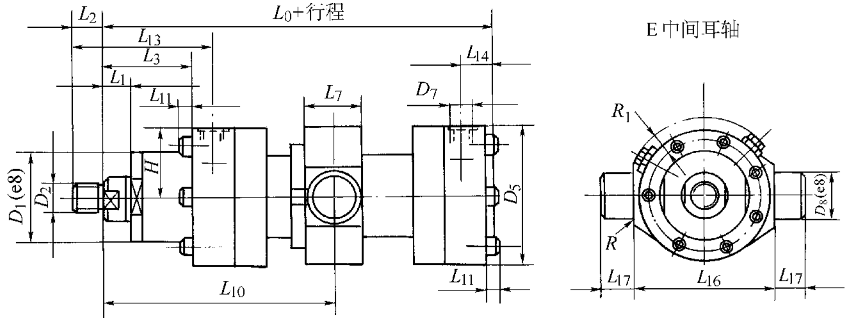
活塞直径			40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径			28	36	45	56	70	90	100	110	125	140	160	180	200	220
CG、CD350C、CD350D	D_2	A	M24×2	M30×2	M39×3	M50×3	M64×3	M80×3	M90×3	M100×3	M110×4	M120×4	M120×4	M150×4	M160×4	M180×4
		G	M22×1.5	M28×1.5	M35×1.5	M45×1.5	M58×1.5	M65×1.5	M80×2	M100×2	M110×2	M120×3	M120×3	M130×3	—	—
	D_7	01	1/2 BSP	1/2 BSP	3/4 BSP	3/4 BSP	1 BSP	$1\frac{1}{4}$ BSP	$1\frac{1}{4}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP	$1\frac{1}{2}$ BSP
		02	M22×1.5	M22×1.5	M27×2	M27×2	M33×2	M42×2	M42×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2

（续）

活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		28	36	45	56	70	90	100	110	125	140	160	180	200	220
CG、CD 350C、CD 350D	D_8	120 ±0.2	140 ±0.2	180 ±0.2	195 ±0.2	230 ±0.2	290 ±0.2	330 ±0.2	360 ±0.2	400 ±0.2	430 ±0.2	475 ±0.2	530 ±0.2	550 ±0.2	590 ±0.2
	D_9	145	165	210	230	270	335	380	420	470	500	550	610	630	670
	L_3 A	35	45	55	75	95	110	120	140	150	160	160	190	200	220
	L_3 G	22	28	35	45	58	65	80	100	110	120	120	130	—	—
	d	13	13	18	18	22	26	28	28	34	34	37	45	45	45
	R_1	5/6	—/4	—/12.5	—/7	—/10	—	—	15/—	10/—	2/—	—	—	—	—
	H	45	55	74	78	97.5	118	137.5	147.5	162.5	177.5	197.5	222.5	232	250
CG、CD 350C	D_1	95	115	150	160	200	245	280	300	335	360	400	450	470	510
	D_5	90	110	145	156	190	235	270	290	325	350	390	440	460	490
	L_0	238	237	285	305	330	425	457	515	565	600	655	695	735	775
	L_1	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10
	L_2	23	20	20	20	20	25	30	40	40	40	40	40	50	55
	L_8	58	60	60	70	75	95	100	120	135	145	155	165	180	195
	L_9	30	30	40	41	37.5	50	60	67.5	70	70	70	80	85	80
	L_{10}	25	25	32.5	35	37.5	50	57	62.5	65	60	65	70	85	80
CD 350D	D_1	58	70	88	100	120	150	170	190	220	230	260	290	330	340
	D_3	90 ±2.3	110 ±2.3	145 ±2.5	156 ±2.5	190 ±2.7	235 ±2.7	270 ±2.9	290 ±2.9	325 ±3.1	350 ±3.1	390 ±3.1	440 ±3.3	460 ±3.3	490 ±3.3
	D_5	95	115	150	160	200	245	280	300	335	360	400	450	470	510
	L	273	277	325	355	385	495	532	600	665	710	770	820	865	915
	L_1	8	10	12	16	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	L_2	18	18	18	18	18	20	20	30	30	26	18	16	30	45
	L_4	63	65	65	75	80	100	110	130	145	155	165	175	190	205
	L_8	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10
	L_9	35	40	40	50	55	70	70	80	95	105	115	125	130	140
	L_{11}	88	90	100	111	112.5	145	160	187.5	205	215	225	245	265	275
	L_{12}	25	25	32.5/45	35	37.5	50	62	67.5	65	65	65	70	85	80
CD 350C	系数 X	9	14	32	41	63	122	190	252	286	420	552	699	959	1309
CD 350D	系数 X	12	18	46	54	83	164	246	338	369	554	700	901	1077	1458
CD 350C CD 350D	系数 Y	0.010	0.016	0.029	0.051	0.076	0.116	0.163	0.213	0.264	0.317	0.418	0.541	0.584	0.685
	重量/kg	$m = X + Y \times$ 行程(mm)													

注：同表22.6-108。

表22.6-114　CD350E差动重载液压缸外形尺寸　（mm）

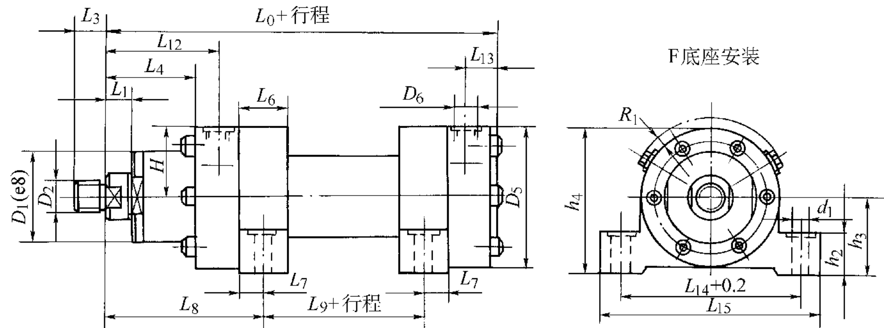


（续）

活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		28	36	45	56	70	90	100	110	125	140	160	180	200	220
D_1		58	70	88	100	120	150	170	190	220	230	260	290	330	340
D_2	A	M24 ×2	M30 ×2	M39 ×3	M50 ×3	M64 ×3	M80 ×3	M90 ×3	M100 ×3	M110 ×4	M120 ×4	M120 ×4	M150 ×4	M160 ×4	M180 ×4
	G	M22 ×1.5	M28 ×1.5	M35 ×1.5	M45 ×1.5	M58 ×1.5	M65 ×1.5	M80 ×2	M100 ×2	M110 ×2	M120 ×3	M120 ×3	M130 ×3	—	—
D_5		90	110	145	156	190	235	270	290	325	350	390	440	460	490
D_7	01	1/2 BSP	1/2 BSP	3/4 BSP	3/4 BSP	1 BSP	1¼ BSP	1¼ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP
	02	M22 ×1.5	M22 ×1.5	M27 ×2	M27 ×2	M33 ×2	M42 ×2	M42 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2	M48 ×2
D_8		40	40	45	55	60	75	85	95	110	120	130	140	170	200
L_0		238	237	285	305	330	425	457	515	565	600	655	695	735	775
L_1		18	18	18	18	18	20	20	30	30	26	18	16	30	45
L_2	A	35	45	55	75	95	110	120	140	150	160	160	190	200	220
	G	22	28	35	45	58	65	80	100	110	120	120	130	—	—
L_3		63	65	65	75	80	100	110	130	145	155	165	175	190	205
L_7		50	50	50	60	65	80	90	100	115	125	135	145	180	210
L_{10}	中间	145 $+S/2$	151 $+S/2$	172.5 $+S/2$	187.5 $+S/2$	202 $+S/2$	260 $+S/2$	280 $+S/2$	320 $+S/2$	352.5 $+S/2$	375 $+S/2$	405 $+S/2$	430 $+S/2$	457.5 $+S/2$	485 $+S/2$
	最小	170	178	187.5	202.5	224.5	272	295	337.5	402.5	387.5	465	505	535	640
	最大	139 $+S$	133 $+S$	167.5 $+S$	182.5 $+S$	192.5 $+S$	260 $+S$	280 $+S$	317.5 $+S$	317.5 $+S$	377.5 $+S$	345 $+S$	355 $+S$	380 $+S$	330 $+S$
L_{11}		8	10	12	16	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L_{13}		88	90	100	111	112.5	145	160	187.5	205	215	225	245	265	275
L_{14}		25	25	32.5	35	37.5	50	57	62.5	65	60	65	70	85	80
L_{16}		$95_{-0.2}^{0}$	$120_{-0.2}^{0}$	$150_{-0.2}^{0}$	$160_{-0.2}^{0}$	$200_{-0.2}^{0}$	$245_{-0.5}^{0}$	$280_{-0.5}^{0}$	$300_{-0.5}^{0}$	$335_{-0.5}^{0}$	$360_{-0.5}^{0}$	$400_{-0.5}^{0}$	$450_{-0.5}^{0}$	$480_{-0.5}^{0}$	$500_{-0.5}^{0}$
L_{17}		30	30	35	50	35	60	70	80	90	100	100	100	125	150
H		45	55	74	78	97.5	118	137.5	147.5	163	177.5	197.5	222.5	232	250
R_1		5/6	34	—/12.5	—/7	—/10	—	—	15/—	10/—	2/—	—	—	—	—
系数 X		11	16	34	43	67	133	213	278	312	468	598	775	1015	1362
系数 Y		0.010	0.016	0.029	0.051	0.076	0.116	0.163	0.213	0.264	0.317	0.418	0.541	0.584	0.685

注：同表 22.6-108。

表 22.6-115　CD350F 差动重载液压缸外形尺寸　（mm）



（续）

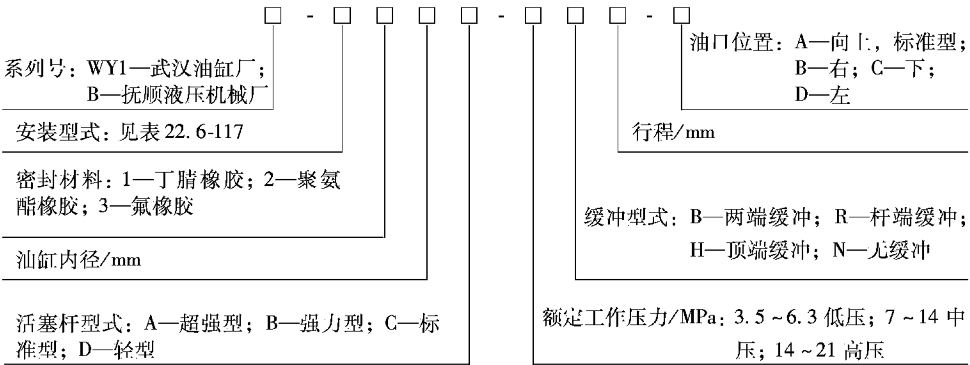
活塞直径		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
活塞杆直径		28	36	45	56	70	90	100	110	125	140	160	180	200	220
D_1		58	70	88	100	120	150	170	190	220	230	260	290	330	340
D_2	A	M24×2	M30×2	M39×3	M50×3	M64×3	M80×3	M90×3	M100×3	M110×4	M120×4	M120×4	M150×4	M160×4	M180×4
	G	M22×1.5	M28×1.5	M35×1.5	M45×1.5	M58×1.5	M65×1.5	M80×2	M100×2	M110×2	M120×3	M120×3	M130×3	—	—
D_5		90	110	145	156	190	235	270	290	325	350	390	440	460	490
D_6	01	1/2 BSP	1/2 BSP	3/4 BSP	3/4 BSP	1 BSP	1¼ BSP	1¼ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP	1½ BSP
	02	M22×1.5	M22×1.5	M27×2	M27×2	M33×2	M42×2	M42×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2	M48×2
L_0	238	237	285	305	330	425	457	515	565	600	655	695	735	775	
L_1	18	18	18	18	18	20	20	30	30	26	18	16	30	45	
L_3	A	35	45	55	75	95	110	120	140	150	160	160	190	200	220
	G	22	28	35	45	58	65	90	100	110	120	120	130	—	—
L_4		63	65	65	75	80	100	110	130	145	155	165	175	190	205
L_6		30	40	50	60	65	80	90	95	115	125	135	145	160	170
L_7		15	20	25	30	32.5	40	45	47.5	57.5	62.5	67.5	72.5	80	85
L_8		123	130	147.5	162.5	172.5	220	235	270	297.5	312.5	337.5	362.5	385	410
L_9		55	42	50	50	60	80	90	100	110	125	135	135	145	150
L_{12}		88	90	100	111	112.5	145	160	187.5	205	215	225	245	265	275
L_{13}		25	25	32.5	35	37.5	50	57	62.5	65	60	65	70	85	80
L_{14}		120 ± 0.2	150 ± 0.2	185 ± 0.2	210 ± 0.2	250 ± 0.2	310 ± 0.2	340 ± 0.2	370 ± 0.2	415 ± 0.2	460 ± 0.2	500 ± 0.2	550 ± 0.2	600 ± 0.2	650 ± 0.2
L_{15}		145	185	235	270	320	390	420	450	515	570	610	660	720	780
d_1		17	21	24	26	33	39	39	42	45	48	48	52	62	74
h_2		30	35	45	50	60	70	75	87	95	110	110	120	140	160
h_3		50	65	75	80	100	120	140	150	165	180	200	225	235	255
h_4		—	—	149	158	197.5	238	227.5	297.5	327.5	357.5	397.5	447.5	467	505
系数 X		11	17	37	47	73	132	208	304	357	499	665	814	1069	1304
系数 Y		0.010	0.016	0.029	0.051	0.076	0.116	0.163	0.213	0.264	0.317	0.418	0.541	0.584	0.685
重量/kg		$m = X + Y \times$ 行程(mm)													

注：同表 22.6-108。

2.5.5　轻型拉杆式液压缸

轻型拉杆液压缸与同等压力级液压缸相比，具有结构简单、零件通用化高和安装型式多样等特点。轻型拉杆式液压缸可根据工作压力不同，选择不同壁厚的钢管，其内径加工精度高，重量轻，结构紧凑，安装型式多样，且易于变换。低速性能好，具有稳定的缓冲性能。压力范围为 3.5 ~ 21MPa，广泛应用在机床、轻工、纺织、塑料加工、农业等机械设备上。

（1）型号说明



（2）技术参数(见表 22.6-116)

表 22.6-116　拉杆式液压缸性能参数

<table>
<tr><td colspan="5">额定压力/MPa</td><td colspan="2">3.5</td><td colspan="2">6.3</td><td colspan="2">7</td><td colspan="2">14</td><td colspan="2">21</td></tr>
<tr><td colspan="5">最低工作压力/MPa</td><td colspan="2">≤0.1</td><td colspan="2">≤0.3</td><td colspan="2">≤0.3</td><td colspan="2">≤0.3</td><td colspan="2">≤0.3</td></tr>
<tr><td colspan="5">最高工作压力/MPa</td><td colspan="2">5</td><td colspan="2">10</td><td colspan="2">10.5</td><td colspan="2">21</td><td colspan="2">31.5</td></tr>
<tr><td colspan="5">允许最高工作速度/mm·s⁻¹</td><td colspan="10">300</td></tr>
<tr><td colspan="5">最低工作速度/mm·s⁻¹</td><td colspan="10">8</td></tr>
<tr><td colspan="5">最低使用温度/℃</td><td colspan="10">-10~80</td></tr>
<tr><td colspan="3">缸径/mm</td><td>32</td><td>40</td><td>50</td><td>63</td><td>(80)</td><td>100</td><td>125</td><td>(150)</td><td>160</td><td>(180)</td><td>200</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">活塞杆直径</td><td colspan="2">强力型(B)</td><td>18</td><td>22</td><td>28</td><td>36</td><td>45</td><td>56</td><td>70</td><td>85</td><td>90</td><td>100</td><td>110</td><td>140</td></tr>
<tr><td colspan="2">标准型(C)</td><td>14</td><td>18</td><td>22</td><td>28</td><td>35</td><td>45</td><td>55</td><td>65</td><td>70</td><td>80</td><td>90</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">轻型(D)</td><td>16</td><td>16</td><td>22</td><td>22</td><td>28</td><td>36</td><td>45</td><td></td><td>56</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">推力/kN</td><td colspan="2">21MPa</td><td>—</td><td>26.46</td><td>41.16</td><td>65.52</td><td>105.63</td><td>164.93</td><td>257.70</td><td>303.67</td><td>421.90</td><td>534.24</td><td>646.54</td><td>1010.22</td></tr>
<tr><td colspan="2">14MPa</td><td>11.26</td><td>17.64</td><td>27.44</td><td>43.68</td><td>70.42</td><td>110.50</td><td>171.80</td><td>247.38</td><td>281.40</td><td>356.26</td><td>439.82</td><td>687.23</td></tr>
<tr><td colspan="2">7MPa</td><td>5.63</td><td>88.2</td><td>13.72</td><td>21.84</td><td>35.21</td><td>54.98</td><td>85.90</td><td>123.69</td><td>140.10</td><td>178.13</td><td>219.91</td><td>315.62</td></tr>
<tr><td colspan="2">3.5MPa</td><td>2.81</td><td>(449)</td><td>7.01</td><td>11.13</td><td>17.94</td><td>28.04</td><td>43.81</td><td></td><td>71.78</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">拉力/kN</td><td>21MPa</td><td>强力型(B 型)</td><td>—</td><td>18.39</td><td>28.20</td><td>44.00</td><td>72.00</td><td>113.10</td><td>174.50</td><td>252.00</td><td>288.50</td><td>369.00</td><td>452.70</td><td>569.70</td></tr>
<tr><td rowspan="2">14MPa</td><td>强力型(B 型)</td><td>7.7</td><td>12.04</td><td>18.76</td><td>29.68</td><td>48.02</td><td>75.46</td><td>116.34</td><td>168.00</td><td>192.36</td><td>246.20</td><td>301.80</td><td>471.60</td></tr>
<tr><td>标准型(C 型)</td><td>9.1</td><td>14.10</td><td>21.84</td><td>35.00</td><td>56.42</td><td>87.60</td><td>137.00</td><td>197.80</td><td>225.96</td><td>285.80</td><td>350.00</td><td>441.65</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7MPa</td><td>强力型(B 型)</td><td>3.85</td><td>6.55</td><td>10.29</td><td>16.87</td><td>26.33</td><td>41.24</td><td>66.11</td><td>96.75</td><td></td><td>142.95</td><td>164.93</td><td>235.68</td></tr>
<tr><td>标准型(C 型)</td><td>4.55</td><td>7.00</td><td>10.92</td><td>17.50</td><td>28.21</td><td>43.82</td><td>68.60</td><td>98.98</td><td>112.98</td><td>142.94</td><td>175.35</td><td>274.61</td></tr>
<tr><td>3.5MPa</td><td>轻型(D 型)</td><td>2.81</td><td>3.76</td><td>5.65</td><td>9.77</td><td>15.75</td><td>24.40</td><td>38.10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">允许行程/mm</td><td>1000</td><td colspan="2">1200</td><td colspan="2">1600</td><td colspan="7">2000</td></tr>
</table>

注：1. 表中推、拉力为理论值，实际值应乘以液压缸效率 0.8。

2. 21MPa 压力应采用 B 型活塞杆。

3. 轻型活塞杆为榆次油研液压有限公司 CJT 型 JIS 液压缸，额定压力为 3.5MPa。

4. 活塞杆直径以各厂样本为准。

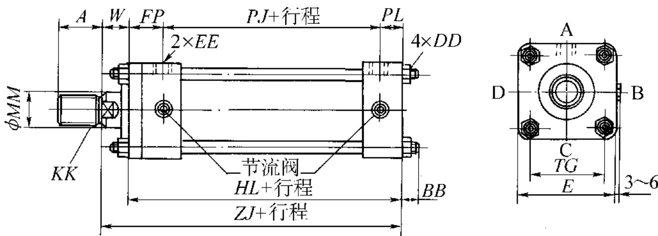
（3）安装型式(见表 22.6-117)

表 22.6-117　轻型拉杆液压缸的安装型式

安装型式		略图	安装型式		略图
LA	切向底座		FD	后端方法兰	
LB	轴向底座		CA	后端单耳环	
FA FY	前端矩法兰		CB	后端双耳环	
FB FZ	后端矩法兰		TA	前端耳轴	
FC	前端方法兰		TC	中部耳轴	
			SD	基本型	

（4）外形尺寸（见表 22. 6-118 ~ 表 22. 6-125）

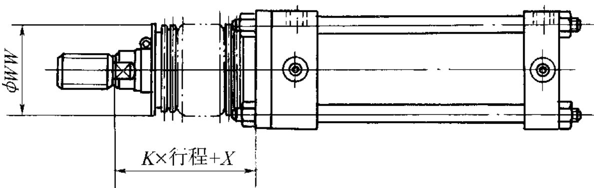
表 22. 6-118　单活塞杆 SD 基本型液压缸外形尺寸　（mm）



缸径	B 型杆			C 型杆			BB	DD	E	EE	FP	HL	PJ	PL	TG	W	ZJ
	A	KK	φMM	A	KK	φMM											
32	25	M16 × 1. 5	18	—	—	—	11	M10 × 1. 25	58	ZG$^3/_8$	38	141	90	13	38	30	171
40	30	M20 × 1. 5	22. 4	25	M16 × 1. 5	18	11	M10 × 1. 25	65	ZG$^3/_8$	38	141	90	13	45	30	171
50	35	M24 × 1. 5	28	30	M20 × 1. 5	22. 4	11	M10 × 1. 25	76	ZG$^1/_2$	42	155	98	15	52	30	185
63	45	M30 × 1. 5	35. 5	35	M24 × 1. 5	28	13	M12 × 1. 5	90	ZG$^1/_2$	46	163	102	15	63	35	198
80	60	M39 × 1. 5	45	45	M30 × 1. 5	35. 5	16	M16 × 1. 5	110	ZG$^3/_4$	56	184	110	18	80	35	219
100	75	M48 × 1. 5	56	60	M39 × 1. 5	45	18	M18 × 1. 5	135	ZG$^3/_4$	58	192	116	18	102	40	232
125	95	M64 × 2	71	75	M48 × 1. 5	56	21	M22 × 1. 5	165	ZG1	67	220	130	23	122	45	265
140	110	M72 × 2	80	80	M56 × 2	63	22	M24 × 1. 5	185	ZG1	69	230	138	23	138	50	280
150	115	M76 × 2	85	85	M60 × 2	67	25	M27 × 1. 5	196	ZG1	71	240	146	23	148	50	290
160	120	M80 × 2	90	95	M64 × 2	71	25	M27 × 1. 5	210	ZG1	74	253	156	23	160	55	308
180	140	M95 × 2	100	110	M72 × 2	80	27	M30 × 1. 5	235	ZG1$^1/_4$	75	275	172	28	182	55	330
200	150	M100 × 2	112	120	M80 × 2	90	29	M33 × 1. 5	262	ZG1$^1/_2$	85	301	184	32	200	55	356
224	180	M120 × 2	125	140	M95 × 2	100	34	M39 × 1. 5	292	ZG1$^1/_2$	89	305	184	32	225	60	365
250	195	M130 × 2	140	150	M100 × 2	112	37	M42 × 1. 5	325	ZG2	106	346	200	40	250	65	411

注：表 22. 6-118 ~ 表 22. 6-125 中的图形及数据来自武汉液压缸厂的样本。

表 22. 6-119　带防护罩单活塞杆 SD 基本型液压缸技术参数　（mm）

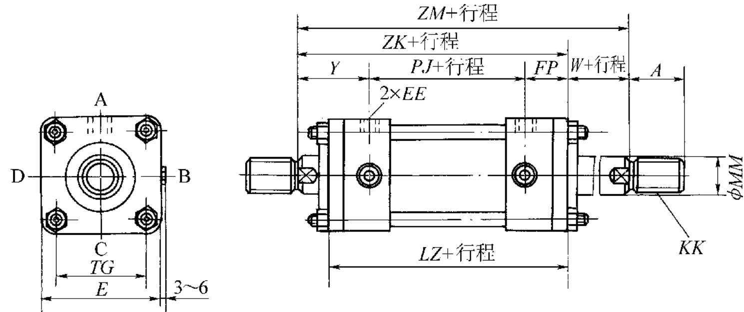


缸径/mm	金属罩 K	缸径/mm	革制品或帆布罩 K
φ32	1/3	φ32	1/2
φ40、φ50	1/3. 5	φ40、φ50	1/2. 5
φ63 ~ φ100	1/4	φ63 ~ φ100	1/3
φ125 ~ φ200	1/5	φ125、φ140	1/3. 5
φ224、φ250	1/6	φ150 ~ φ200	1/4
		φ224、φ250	1/4. 5

缸径		32	40	50	63	80	100	125	140	150	160	180	200	224	250
X	B	45	45	45	55	55	55	65	65	65	65	65	65	80	80
	C														
φWW	B	40	50	63	71	80	100	125	125	140	140	160	180	180	200
	C	—	50	50	63	71	80	100	125	125	125	125	140	160	180

注：其他可参照基本型式。特殊要求请与厂方技术开发部联系。

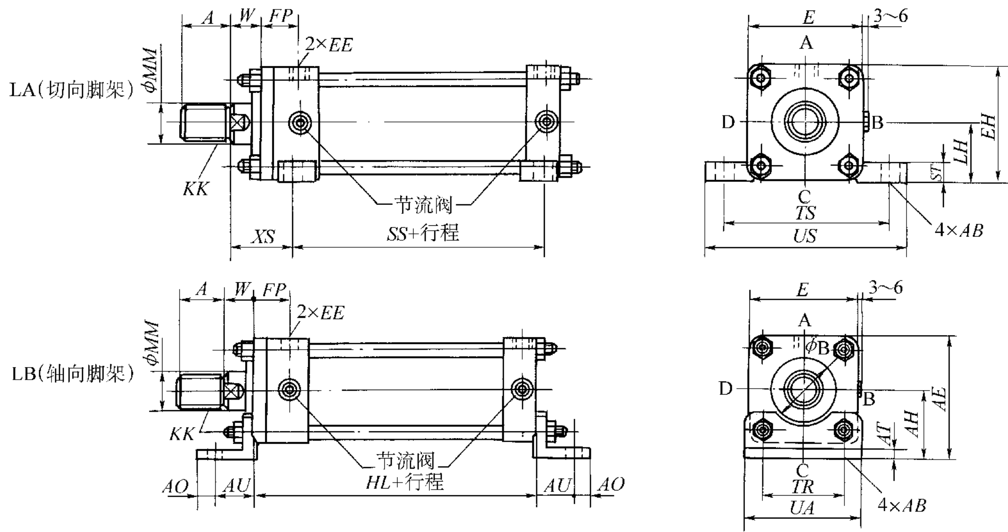
表 22.6-120　双活塞杆 SD 基本型液压缸外形尺寸　　(mm)



缸径	B 型杆			C 型杆			E	EE	FP	LZ	PJ	TG	Y	W	ZK	ZM
	A	KK	ϕMM	A	KK	ϕMM										
32	25	M16×1.5	18	—	—	—	58	$ZG^3/_8$	38	166	90	38	68	30	196	226
40	30	M20×1.5	22.4	25	M16×1.5	18	65	$ZG^3/_8$	38	166	90	45	68	30	196	226
50	35	M24×1.5	28	30	M20×1.5	22.4	76	$ZG^1/_2$	42	182	98	52	72	30	212	242
63	45	M30×1.5	35.5	35	M24×1.5	28	90	$ZG^1/_2$	46	194	102	63	81	35	229	264
80	60	M39×1.5	45	45	M30×1.5	35.5	110	$ZG^3/_4$	56	222	110	80	91	35	257	292
100	75	M48×1.5	56	60	M39×1.5	45	135	$ZG^3/_4$	58	232	116	102	98	40	272	312
125	95	M64×2	71	75	M48×1.5	56	165	ZG1	67	264	130	122	112	45	309	354
140	110	M72×2	80	80	M56×2	63	185	ZG1	69	276	138	138	119	50	326	376
150	115	M76×2	85	85	M60×2	67	196	ZG1	71	288	146	148	121	50	338	388
160	120	M80×2	90	95	M64×2	71	210	ZG1	74	304	156	160	129	55	359	414

注：1. 其他安装型式的尺寸可按基本型计算。
　　2. 缸径超过 ϕ160mm，请与厂方技术开发部联系。

表 22.6-121　LA 径向地脚型、LB 轴向地脚型液压缸外形尺寸　　(mm)



缸径	B 型杆			C 型杆			E	EE	FP	W	AB	LA		
	A	KK	ϕMM	A	KK	ϕMM						SS	TS	ST
32	25	M16×1.5	18	—	—	—	58	$ZG^3/_8$	38	30	11	98	88	12
40	30	M20×1.5	22.4	25	M16×1.5	18	65	$ZG^3/_8$	38	30	11	98	95	14
50	35	M24×1.5	28	30	M20×1.5	22.4	76	$ZG^3/_8$	42	30	14	108	115	17
63	45	M30×1.5	35.5	35	M24×1.5	28	90	$ZG^1/_2$	46	35	18	106	132	19

（续）

缸径	B 型杆			C 型杆			*E*	*EE*	*FP*	*W*	*AB*	LA		
	A	*KK*	*ϕMM*	*A*	*KK*	*ϕMM*						*SS*	*TS*	*ST*
80	60	M39×1.5	45	45	M30×1.5	35.5	110	ZG$^3/_4$	56	35	18	124	155	25
100	75	M48×1.5	56	60	M39×1.5	45	135	ZG$^3/_4$	58	40	22	122	190	27
125	95	M64×2	71	75	M48×1.5	56	165	ZG1	67	45	26	136	224	32
140	110	M72×2	80	80	M56×2	63	185	ZG1	69	50	26	144	250	35
150	115	M76×2	85	85	M60×2	67	196	ZG1	71	50	30	146	270	37
160	120	M80×2	90	95	M64×2	71	210	ZG1	74	55	33	150	285	42
180	140	M95×2	100	110	M72×2	80	235	ZG1$^1/_4$	75	55	33	172	315	47
200	150	M100×2	112	120	M90×2	90	262	ZG1$^1/_2$	85	55	36	186	355	52
224	180	M120×2	125	140	M95×2	100	292	ZG1$^1/_2$	89	60	42	186	395	52
250	195	M130×2	140	150	M100×2	112	325	ZG2	106	65	45	206	425	57

缸径	LA				LB							
	US	*EH*	*LH*	*XS*	*AE*	*AH*	*AU*	*AT*	*AO*	*TR*	*HL*	*UA*
32	109	63	35±0.15	57	68	40±0.15	32	8	13	40	141	62
40	118	70	37.5±0.15	57	75.5	43±0.15	32	8	13	46	141	69
50	145	82.5	45±0.15	60	87.5	50±0.15	35	8	15	58	155	85
63	165	95	50±0.15	71	105	60±0.15	42	10	18	65	163	98
80	190	115	60±0.25	74	127	72±0.25	50	12	20	87	184	118
100	230	138.5	71±0.25	85	152.5	85±0.25	55	12	23	109	192	150
125	272	167.5	85±0.25	99	187.5	105±0.25	66	15	29	130	220	171
140	300	187.5	95±0.25	106	207.5	115±0.25	70	18	30	145	230	195
150	320	204	106±0.25	111	221	123±0.25	75	18	30	155	240	210
160	345	217	112±0.25	122	237	132±0.25	75	18	35	170	253	225
180	375	242.5	125±0.25	123	265.5	148±0.25	85	20	40	185	275	243
200	425	271	140±0.25	131	296	165±0.25	98	25	40	206	301	272
224	475	296	150±0.25	140	331	185±0.25	115	30	45	230	305	310
250	515	332.5	170±0.25	158	370.5	208±0.25	130	35	50	250	346	335

表 22.6-122　CA（单耳环型）、CB（双耳环型）液压缸外形尺寸　（mm）

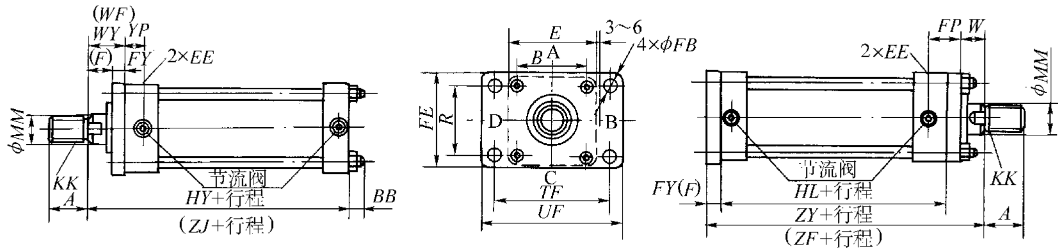
CA(单耳环型)　　CB(双耳环型)　　CB(双耳环型)

缸径	B 型杆			C 型杆			*ϕCD* (H9)	*E*	*EE*	*EW*	*FP*	*FL*	*L*	*MR*	*XD*	*CB*	*W*	*UB*
	A	*KK*	*ϕMM*	*A*	*KK*	*ϕMM*												
32	25	M16×1.5	18	—	—	—	16	58	ZG$^3/_8$	$25^{-0.1}_{-0.4}$	38	38	*R*20	*R*16	209	$25^{+0.4}_{+0.1}$	30	50
40	30	M20×1.5	22.4	25	M16×1.5	18	16	65	ZG$^3/_8$	$25^{-0.1}_{-0.4}$	38	38	*R*20	*R*16	209	$25^{+0.4}_{+0.1}$	30	50
50	35	M24×1.5	28	30	M20×1.5	22.4	20	76	ZG$^1/_2$	$31.5^{-0.1}_{-0.4}$	42	45	*R*25	*R*20	230	$31.5^{+0.4}_{+0.1}$	30	63.5
63	45	M30×1.5	35.5	35	M24×1.5	28	31.5	90	ZG$^1/_2$	$40^{-0.1}_{-0.4}$	46	63	*R*46	*R*31.5	261	$40^{+0.4}_{+0.1}$	35	80
80	60	M39×1.5	45	45	M30×1.5	35.5	31.5	110	ZG$^3/_4$	$40^{-0.1}_{-0.4}$	56	72	*R*52	*R*31.5	291	$40^{+0.4}_{+0.1}$	35	80
100	75	M48×1.5	56	60	M39×1.5	45	40	135	ZG$^3/_4$	$50^{-0.1}_{-0.4}$	58	84	*R*62	*R*40	316	$50^{+0.4}_{+0.1}$	40	100
125	95	M64×2	71	75	M48×1.5	56	50	165	ZG1	$63^{-0.1}_{-0.6}$	67	100	*R*73	*R*50	365	$63^{+0.4}_{+0.1}$	45	126
140	110	M72×2	80	80	M56×2	63	63	185	ZG1	$80^{-0.1}_{-0.6}$	69	120	*R*91	*R*63	400	$80^{+0.4}_{+0.1}$	50	160

（续）

缸径	B型杆 A	B型杆 KK	B型杆 φMM	C型杆 A	C型杆 KK	C型杆 φMM	φCD (H9)	E	EE	EW	FP	FL	L	MR	XD	CB	W	UB
150	115	M76×2	85	85	M60×2	67	63	196	ZG1	$80^{-0.1}_{-0.6}$	71	122	R91	R63	412	$80^{+0.4}_{+0.1}$	50	160
160	120	M80×2	90	95	M64×2	71	71	210	ZG1	$80^{-0.1}_{-0.6}$	74	137	R103	R71	445	$80^{+0.4}_{+0.1}$	55	160
180	140	M95×2	100	110	M72×2	80	80	235	ZG1¹/₄	$100^{-0.1}_{-0.6}$	75	150	R100	R80	480	$100^{+0.4}_{+0.1}$	55	200
200	150	M100×2	112	120	M80×2	90	90	262	ZG1¹/₂	$125^{-0.1}_{-0.6}$	85	170	R115	R90	526	$125^{+0.4}_{+0.1}$	55	251
224	180	M120×2	125	140	M95×2	100	100	292	ZG1¹/₂	$125^{-0.1}_{-0.6}$	89	185	R125	R100	550	$125^{+0.4}_{+0.1}$	60	251
250	195	M130×2	140	150	M100×2	112	100	325	ZG2	$125^{-0.1}_{-0.6}$	106	185	R125	R100	596	$125^{+0.4}_{+0.1}$	65	251

表22.6-123　FA、FY(头部长方法兰型)、FB、FZ(尾部长方法兰型)液压缸外形尺寸　(mm)



缸径	B型杆 A	B型杆 B	B型杆 KK	B型杆 φMM	C型杆 A	C型杆 B	C型杆 KK	C型杆 φMM	E	EE	FP	W	YP	TF	UF
32	25	34	M16×1.5	18	—	—	—	—	58	ZG³/₈	38	30	27	88	109
40	30	40	M20×1.5	22.4	25	36	M16×1.5	18	65	ZG³/₈	38	30	27	95	118
50	35	46	M24×1.5	28	30	40	M20×1.5	22.4	76	ZG¹/₂	42	30	29	115	145
63	45	55	M30×1.5	35.5	35	46	M24×1.5	28	90	ZG¹/₂	46	35	31	132	165
80	60	65	M39×1.5	45	45	55	M30×1.5	35.5	110	ZG³/₄	56	35	38	155	190
100	75	80	M48×1.5	56	60	65	M39×1.5	45	135	ZG³/₄	58	40	38	190	230
125	95	95	M64×2	71	75	80	M48×1.5	56	165	ZG1	67	45	43	224	272
140	110	105	M72×2	80	80	85	M56×2	63	185	ZG1	69	50	43	250	300
150	115	110	M76×2	85	85	90	M60×2	67	196	ZG1	71	50	43	270	320
160	120	115	M80×2	90	95	95	M64×2	71	210	ZG1	74	55	43	285	345
180	140	125	M95×2	100	110	105	M72×2	80	235	ZG1¹/₄	75	55	42	315	375
200	150	140	M100×2	112	120	115	M90×2	90	262	ZG1¹/₂	85	55	48	355	425
224	180	150	M120×2	125	140	125	M95×2	100	292	ZG1¹/₂	89	60	48	395	475
250	195	170	M130×2	140	150	140	M100×2	112	325	ZG2	106	65	60	425	515

缸径	φFB	FE	R	FA、FB ZJ	FA、FB ZF	FA、FB WF	FA、FB F	FA、FB BB	FY、FZ HY	FY、FZ HL	FY、FZ ZY	FY、FZ WY	FY、FZ FY
32	11	62	40	171	182	41	11	11	173	141	184	43	13
40	11	69	46	171	182	41	11	11	173	141	184	43	13
50	14	85	58	185	198	43	13	11	190	155	203	48	18
63	18	98	65	198	213	50	15	13	203	163	218	55	20
80	18	118	87	219	237	53	18	16	225	184	243	59	24
100	22	150	109	232	252	60	20	18	240	192	260	68	28
125	26	175	130	265	289	69	24	21	274	220	298	78	33
140	26	195	145	280	306	76	26	22	291	230	317	87	37
150	30	210	155	290	318	78	28	25	301	240	329	89	39
160	33	225	170	308	339	86	31	25	318	253	349	96	41
180	33	243	185	330	363	88	33	27	343	275	376	101	46
200	36	272	206	356	393	92	37	29	370	301	407	106	51

（续）

缸径	φFB	FE	R	FA、FB					FY、FZ				
				ZJ	ZF	WF	F	BB	HY	HL	ZY	WY	FY
224	42	310	230	365	406	101	41	34	382	305	423	118	58
250	45	335	250	411	457	111	46	37	430	346	476	130	65

注：FA、FB 仅限 7MPa 用；FY、FZ 仅限 14MPa 用。

表 22.6-124　FC(头部长方法兰型)、FD(尾部长方法兰型)液压缸外形尺寸　（mm）

缸径	B 型杆			C 型杆			E	EE	FP	ZJ	TF	φFB	UF	YP	R	WF	W	F	ZH
	A	KK	φMM	A	KK	φMM													
32	25	M16×1.5	18	—	—	—	58	ZG$^{3}/_{8}$	38	171	88	11	109	27	40	41	30	11	182
40	30	M20×1.5	22.4	25	M16×1.5	18	65	ZG$^{3}/_{8}$	38	171	95	11	118	27	46	41	30	11	182
50	35	M24×1.5	28	30	M20×1.5	22.4	70	ZG$^{1}/_{2}$	42	185	115	14	145	29	58	43	30	13	198
63	45	M30×1.5	35.5	35	M24×1.5	28	90	ZG$^{1}/_{2}$	46	198	132	18	165	31	65	50	35	15	213
80	60	M39×1.5	45	45	M30×1.5	35.5	110	ZG$^{3}/_{4}$	56	219	155	18	190	38	87	53	35	18	237
100	75	M48×1.5	56	60	M39×1.5	45	135	ZG$^{3}/_{4}$	58	232	190	22	230	38	109	60	40	20	252
125	95	M64×2	71	75	M48×1.5	56	165	ZG1	67	265	224	26	272	43	130	69	45	24	289
140	110	M72×2	80	80	M56×2	63	185	ZG1	69	280	250	26	300	43	145	76	50	26	306
150	115	M76×2	85	85	M60×2	67	196	ZG1	71	290	270	30	320	43	155	78	50	28	318
160	120	M80×2	90	95	M64×2	71	210	ZG1	74	308	285	33	345	43	170	86	55	31	339
180	140	M95×2	100	110	M72×2	80	235	ZG1$^{1}/_{4}$	75	330	315	33	375	42	185	88	55	33	363
200	150	M100×2	112	120	M80×2	90	262	ZG1$^{1}/_{2}$	85	356	355	36	425	48	206	92	55	37	393
224	180	M110×2	125	140	M95×2	100	292	ZG1$^{1}/_{2}$	89	365	395	42	475	48	230	101	60	41	406
250	195	M130×2	140	150	M100×2	112	325	ZG2	106	411	425	45	515	60	250	111	65	46	457

表 22.6-125　TA(头部铰轴)、TC(中间铰轴)液压缸外形尺寸　（mm）

缸径	B 型杆			C 型杆			φTD (e9)	E	EE	PH min	BD	TL	UM	JR	UT	TM	TC	XV	ZJ	XG
	A	KK	φMM	A	KK	φMM														
32	25	M16×1.5	18	—	—	—	20	58	ZG$^{3}/_{8}$	105	28	20	98	R2	98	$58^{0}_{-0.3}$	$58^{0}_{-0.3}$	113	171	62
40	30	M20×1.5	22.4	25	M16×1.5	18	20	65	ZG$^{3}/_{8}$	105	28	20	109	R2	109	$69^{0}_{-0.3}$	$69^{0}_{-0.3}$	113	171	62
50	35	M24×1.5	28	30	M20×1.5	22.4	25	76	ZG$^{1}/_{2}$	113.5	33	25	135	R2.5	135	$85^{0}_{-0.35}$	$85^{0}_{-0.35}$	121	185	66

（续）

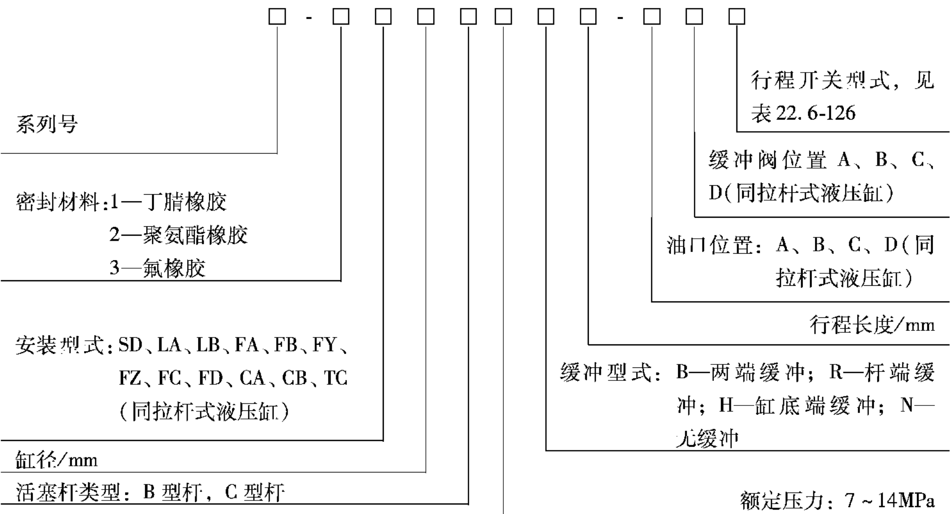
缸径	B 型杆			C 型杆			ϕTD (e9)	E	EE	PH min	BD	TL	UM	JR	UT	TM	TC	XV	ZJ	XG
	A	KK	ϕMM	A	KK	ϕMM														
63	45	M30 × 1.5	35.5	35	M24 × 1.5	28	31.5	90	$ZG^1/_2$	127.5	43	31.5	161	$R2.5$	161	$98^{0}_{-0.35}$	$98^{0}_{-0.35}$	132	198	74
80	60	M39 × 1.5	45	45	M30 × 1.5	35.5	31.5	110	$ZG^3/_4$	140.5	43	31.5	181	$R2.5$	181	$118^{0}_{-0.35}$	$118^{0}_{-0.35}$	146	219	82
100	75	M48 × 1.5	56	60	M39 × 1.5	45	40	135	$ZG^3/_4$	152.5	53	40	225	$R3$	225	$145^{0}_{-0.4}$	$145^{0}_{-0.4}$	156	232	89
125	95	M64 × 2	71	75	M48 × 1.5	56	50	165	ZG1	174	58	50	275	$R3$	275	$175^{0}_{-0.4}$	$175^{0}_{-0.4}$	177	265	103
140	110	M72 × 2	80	80	M56 × 2	63	63	185	ZG1	191	78	63	321	$R4$	321	$195^{0}_{-0.46}$	$195^{0}_{-0.4}$	188	280	112
150	115	M76 × 2	85	85	M60 × 2	67	63	196	ZG1	193	78	63	332	$R4$	332	$206^{0}_{-0.46}$	$206^{0}_{-0.5}$	194	290	112
160	120	M80 × 2	90	95	M64 × 2	71	71	210	ZG1	211	88	71	360	$R4$	360	$218^{0}_{-0.46}$	$218^{0}_{-0.5}$	207	308	126
180	140	M95 × 2	100	110	M72 × 2	80	80	235	$ZG1^1/_4$	225	98	80	403	$R4$		$243^{0}_{-0.46}$		216	330	—
200	150	M100 × 2	112	120	M80 × 2	90	90	262	$ZG1^1/_2$	244	108	90	452	$R5$		$272^{0}_{-0.52}$		232	356	—
224	180	M120 × 2	125	140	M95 × 2	100	100	292	$ZG1^1/_2$	257.5	117	100	500	$R5$		$300^{0}_{-0.52}$		241	365	—
250	195	M130 × 2	140	150	M100 × 2	112	100	325	ZG2	287.5	117	100	535	$R5$		$335^{0}_{-0.57}$		271	411	—

注：1. UT、TC 为杆侧铰轴尺寸。
2. 其他尺寸见基本型。

2.5.6 带接近开关的拉杆式液压缸

拉杆式液压缸带接近感应开关，用来控制行程两端位置的换向。感应开关是非接触敏感元件，无接触，无磨损，输出信号准确，安全可靠，感应开关位置可以任意调节。榆次油研液压有限公司生产的产品有 CJT35L、CJT70L、CJT140L，工作压力为 3.5MPa、7MPa、14MPa，带接近开关。武汉液压缸厂生产的产品有 WY10，工作压力为 7MPa、14MPa。详情查有关生产厂样本。

（1）型号说明



（2）技术参数（见表 22.6-126）

表 22.6-126　带行程开关式液压缸性能及接近开关技术规格

额定压力/MPa	7～14	使用温度/℃	-10～60
最高允许压力/MPa	10.5～21	最高运行速度/m·s^{-1}	1
最低启动压力/MPa	<0.3	工作介质	矿物油、水-乙二醇、磷酸酯等

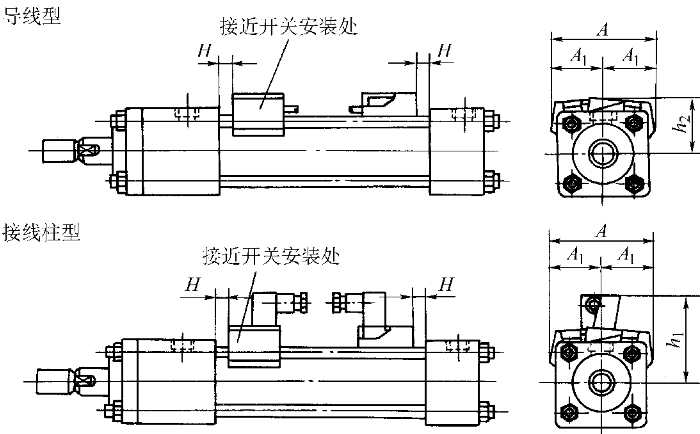
型式		有接点开关型		无接点型开关	
		S1、S3、S5(导线型) SB(接线柱型)	T1、T3、T5(导线型) TB(接线柱型)	U1、U3、U5(导线型) UB(接线柱型)	W1、W3、W5(导线型) WB(接线柱型)
接近开关的参数	电气回路	白线 + 黑线 − a)	白线 (～) 黑线 (～) b)	主回路 白线 (～) (～) 黑线 c)	主回路 白线 + − 黑线 d)
	用途	AC/DC 继电器、程序器用	大容量继电器	AC 继电器、程序器用	DC 继电器、程序器用
	最大负载电压,电流	DC 24V，5～50mA AC 100V，7～20mA AC 200V，7～10mA	AC 100V，20～200mA AC 200V，10～200mA	AC 85～265V， 5～100mA	
	内部压降	低于 2.4V	低于 2V	低于 7V	低于 4V
	灯	发光二极管 (开关接通时亮)	霓虹灯 (开关断开时亮)	发光二极管 (开关接通时亮)	
	泄漏电流	0	小于 1mA	AC 100V，小于 1mA AC 200V，小于 2mA	小于 1mA
	额定感距/mm	1.5			
	开关频率/Hz	≤1000			

接近开关的参数	缸径/mm	—	32	40	50	63	80	100
	动作范围/mm	有接点型 S-※、T-※	9～12	12～14	15～17	16～18	17.5～19.5	15.5～20.5
		无接点型						
	不稳定区/mm		1.5～3.5				2～4	

(3) 外形尺寸

带接近开关液压缸的安装尺寸，与拉杆式标准液压缸相同。接近开关的尺寸和行程末端位置检测的最适应设置见表 22.6-127。

表 22.6-127　接近开关安装尺寸　　(mm)



（续）

工作压力/MPa	缸径	A_1	A	h_2	h_1	H	工作压力/MPa	缸径	A_1	A	h_2	h_1	H
7、14	32	35	70	40	61	8	7、14	63	51	102	57	76	20
	40	37	74	45	65	8		80	63	126	76	86	24
	50	47	94	53	71	8		100	73	146	85	99	22

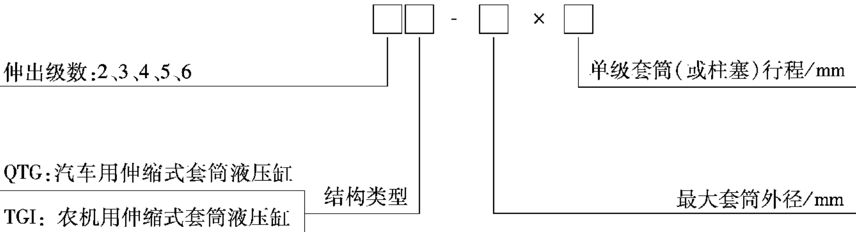
注：1. H尺寸是行程端部检测最合适设置位置，而开关最灵敏位置是在$H+5$mm 处(安装处有记号)。
2. 其他尺寸同轻型拉杆式液压缸。

2.5.7　伸缩式套筒液压缸

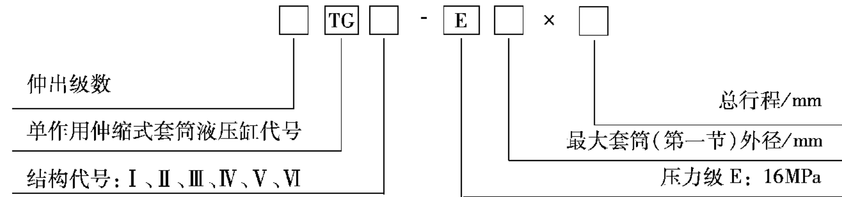
TG 系列单作用多级伸缩式套筒液压缸，具有尺寸小、行程大等优点，可作载重车、农用车等车辆的倾车斗举升缸。

（1）型号说明

1）通用型伸缩液压缸：

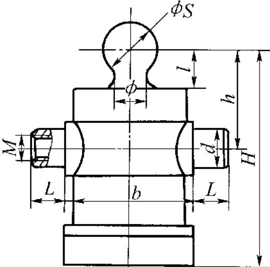


2）临清专用汽车制造厂生产的 TG 型液压缸型号：



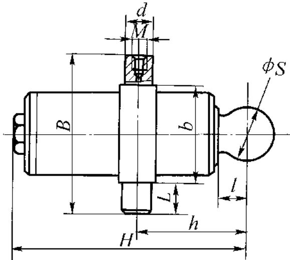
（2）技术参数及外形、安装尺寸(见表 22.6-128～表 22.6-136)

表 22.6-128　QTG 型液压缸　（mm）



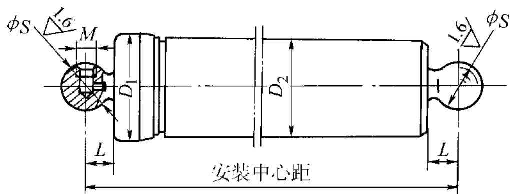
型　号	H	h	b	L	l	ϕS	ϕ	d	M	额定压力/MPa	最高压力/MPa	总行程	额定理论推力/kN	
													首级	末级
5QTG-140×160	300	115	190	50	30	50	30	50	M27×2	16	20	800	246.17	44.50
4QTG-140×160												640		80.43
5QTG-140×200	350	125										1000		44.50
4QTG-140×200												800		80.43
5QTG-140×250	405	130										1250		44.50
4QTG-140×250												1000		80.43
5QTG-140×320	480	135										1600		44.50
4QTG-140×320												1280		80.43
5QTG-220×250	434	145	304	80	45	70	40	30	M32×2			1250	607.90	180.86
4QTG-110×200	350	125	152	50	30	50	30	50	M20×1.5			800	151.97	31.40

表 22.6-129　TGI 型通用液压缸　（mm）



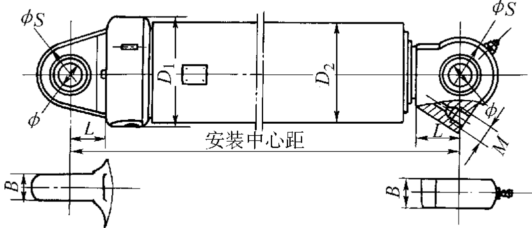
<table>
<tr><th rowspan="3">型　号</th><th rowspan="3">额定压力/MPa</th><th rowspan="3">最高压力/MPa</th><th rowspan="3">总行程</th><th rowspan="3">外形尺寸（长×宽×高）</th><th colspan="2" rowspan="2">额定理论推力/kN</th><th rowspan="3">h</th><th rowspan="3">B</th><th rowspan="3">b</th><th rowspan="3">L</th><th rowspan="3">d</th><th rowspan="3">ϕS</th><th rowspan="3">M</th><th rowspan="3">l</th><th colspan="3">H≤</th></tr>
<tr><th colspan="3">单级行程</th></tr>
<tr><th>首级</th><th>末级</th><th>250</th><th>300</th><th>340</th></tr>
<tr><td>2TGI-60×250</td><td rowspan="12">16</td><td rowspan="12">20</td><td rowspan="3">500</td><td>455×157×93</td><td>44.50</td><td>20.11</td><td rowspan="12">140</td><td>157</td><td>97</td><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">30</td><td rowspan="12">50</td><td rowspan="12">M20×1.5</td><td rowspan="12">30</td><td rowspan="12">430</td><td rowspan="12">490</td><td rowspan="12">540</td></tr>
<tr><td>2TGI-70×250</td><td>455×169×105</td><td>61.60</td><td>31.41</td><td>169</td><td>109</td></tr>
<tr><td>2TGI-80×250</td><td>455×200×116</td><td rowspan="2">80.43</td><td rowspan="2">44.50</td><td rowspan="2">200</td><td rowspan="2">120</td><td rowspan="6">40</td><td rowspan="6">40</td></tr>
<tr><td>2TGI-80×300</td><td rowspan="2">600</td><td>505×200×116</td></tr>
<tr><td>2TGI-90×300</td><td>505×212×128</td><td rowspan="4">101.79</td><td rowspan="2">61.60</td><td rowspan="4">212</td><td rowspan="4">132</td></tr>
<tr><td>2TGI-90×340</td><td>680</td><td>565×212×128</td></tr>
<tr><td>3TGI-90×250</td><td>750</td><td>455×212×128</td><td rowspan="2">31.41</td></tr>
<tr><td>3TGI-90×300</td><td rowspan="2">900</td><td>505×212×128</td></tr>
<tr><td>3TGI-100×300</td><td>505×240×136</td><td rowspan="2">125.66</td><td rowspan="2">44.50</td><td rowspan="2">240</td><td rowspan="2">140</td><td rowspan="4">50</td><td rowspan="4">50</td></tr>
<tr><td>3TGI-100×340</td><td>1020</td><td>565×240×136</td></tr>
<tr><td>3TGI-110×250</td><td>750</td><td>455×252×148</td><td rowspan="2">152.05</td><td rowspan="2">61.60</td><td rowspan="2">252</td><td rowspan="2">152</td></tr>
<tr><td>3TGI-110×340</td><td>1020</td><td>565×252×148</td></tr>
</table>

表 22.6-130　TG 型液压缸　（mm）



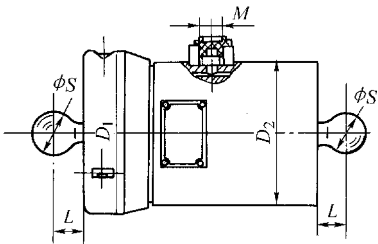
<table>
<tr><th rowspan="2">型　号</th><th rowspan="2">伸出套筒外径</th><th rowspan="2">总行程</th><th rowspan="2">安装中心距</th><th rowspan="2">额定压力/MPa</th><th colspan="2">理论最大推力/kN</th><th rowspan="2">D₁</th><th rowspan="2">D₂</th><th rowspan="2">ϕS</th><th rowspan="2">L</th><th rowspan="2">M</th></tr>
<tr><th>首级</th><th>末级</th></tr>
<tr><td>3TG-E100×※</td><td>100/80/60</td><td>660~1500</td><td>440~754</td><td rowspan="8">16</td><td>123.6</td><td>44.13</td><td>150</td><td>125</td><td>60</td><td>40</td><td rowspan="3">M22×1.5</td></tr>
<tr><td>3TG-E125×※</td><td>125/100/80</td><td>660~1500</td><td>440~745</td><td>193.2</td><td>78.45</td><td>175</td><td>150</td><td>60</td><td>40</td></tr>
<tr><td>4TG-E125×※</td><td>125/100/80/60</td><td>880~2000</td><td>440~745</td><td>193.2</td><td>44.13</td><td>175</td><td>150</td><td>60</td><td>40</td></tr>
<tr><td>3TG-E150×※</td><td>150/125/100</td><td>660~1500</td><td>450~755</td><td>277.5</td><td>123.6</td><td>200</td><td>175</td><td>70</td><td>45</td><td rowspan="5">M27×2</td></tr>
<tr><td>4TG-E150×※</td><td>150/125/100/80</td><td>880~2000</td><td>450~755</td><td>277.5</td><td>78.45</td><td>200</td><td>175</td><td>70</td><td>45</td></tr>
<tr><td>5TG-E150×※</td><td>150/125/100/80/60</td><td>1100~2500</td><td>450~755</td><td>277.5</td><td>44.13</td><td>200</td><td>175</td><td>70</td><td>45</td></tr>
<tr><td>4TG-E180×※</td><td>180/150/125/100</td><td>880~2000</td><td>470~775</td><td>400</td><td>123.6</td><td>245</td><td>215</td><td>80</td><td>55</td></tr>
<tr><td>5TG-E180×※</td><td>180/150/125/100/80</td><td>1100~2500</td><td>470~775</td><td>400</td><td>78.45</td><td>245</td><td>215</td><td>80</td><td>55</td></tr>
</table>

表 22.6-131 TG Ⅰ型液压缸 (mm)



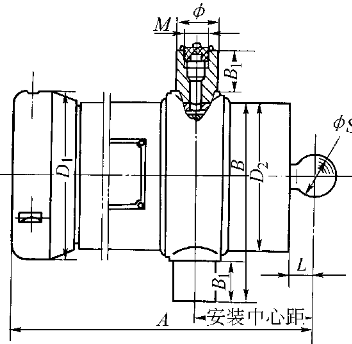
<table>
<tr><th rowspan="2">型 号</th><th rowspan="2">伸出套筒外径</th><th rowspan="2">总行程</th><th rowspan="2">安装中心距</th><th rowspan="2">额定压力/MPa</th><th colspan="2">理论最大推力/kN</th><th rowspan="2">D_1</th><th rowspan="2">D_2</th><th rowspan="2">ϕS</th><th rowspan="2">ϕ</th><th rowspan="2">B</th><th rowspan="2">L</th><th rowspan="2">M</th></tr>
<tr><th>首级</th><th>末级</th></tr>
<tr><td>3TGⅠ-E100×※</td><td>100/80/60</td><td>1200～1890</td><td>695～940</td><td rowspan="7">16</td><td>123.6</td><td>44.13</td><td>150</td><td>125</td><td>105</td><td>50</td><td>40</td><td>60</td><td>M22</td></tr>
<tr><td>3TGⅠ-E125×※</td><td>125/100/80</td><td>1200～1890</td><td>705～905</td><td>193.2</td><td>78.45</td><td>175</td><td>150</td><td>120</td><td>60</td><td>50</td><td>65</td><td>M27</td></tr>
<tr><td>3TGⅠ-E150×※</td><td>150/125/100</td><td>1200～1890</td><td>715～960</td><td>277.5</td><td>123.6</td><td>200</td><td>175</td><td>120</td><td>60</td><td>50</td><td>70</td><td>M27</td></tr>
<tr><td>3TGⅠ-E180×※</td><td>180/150/125</td><td>1200～1890</td><td>725～970</td><td>400</td><td>193.2</td><td>240</td><td>215</td><td>145</td><td>70</td><td>56</td><td>75</td><td>M30</td></tr>
<tr><td>4TGⅠ-E125×※</td><td>125/100/80/60</td><td>1600～2520</td><td>710～955</td><td>193.2</td><td>44.13</td><td>175</td><td>150</td><td>120</td><td>60</td><td>50</td><td>65</td><td>M27</td></tr>
<tr><td>4TGⅠ-E150×※</td><td>150/125/100/80</td><td>1600～2520</td><td>720～965</td><td>277.5</td><td>78.45</td><td>200</td><td>175</td><td>120</td><td>60</td><td>50</td><td>20</td><td>M27</td></tr>
<tr><td>4TGⅠ-E180×※</td><td>180/150/125/100</td><td>1600～2520</td><td>730～975</td><td>400</td><td>123.6</td><td>240</td><td>215</td><td>145</td><td>70</td><td>56</td><td>75</td><td>M33</td></tr>
</table>

表 22.6-132 TG Ⅱ型液压缸 (mm)



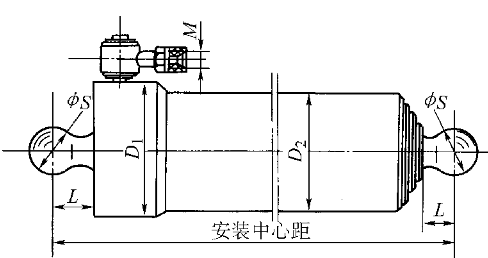
<table>
<tr><th rowspan="2">型 号</th><th rowspan="2">伸出套筒外径</th><th rowspan="2">总行程</th><th rowspan="2">安装中心距</th><th rowspan="2">额定压力/MPa</th><th colspan="2">理论最大推力/kN</th><th rowspan="2">D_1</th><th rowspan="2">D_2</th><th rowspan="2">ϕS</th><th rowspan="2">L</th><th rowspan="2">M</th></tr>
<tr><th>首级</th><th>末级</th></tr>
<tr><td>2TGⅡ-E80×※</td><td>80/60</td><td>320～600</td><td rowspan="10">330～500</td><td rowspan="10">16</td><td>78.45</td><td>44.13</td><td>108</td><td>105</td><td rowspan="10">50</td><td rowspan="10">35</td><td rowspan="3">M22×1.5</td></tr>
<tr><td>2TGⅡ-E100×※</td><td>100/80</td><td>320～600</td><td>123.6</td><td>78.45</td><td>133</td><td>130</td></tr>
<tr><td>3TGⅡ-E100×※</td><td>100/80/60</td><td>480～900</td><td>123.6</td><td>44.13</td><td>133</td><td>130</td></tr>
<tr><td>2TGⅡ-E125×※</td><td>125/100</td><td>320～600</td><td>193.2</td><td>123.6</td><td>159</td><td>155</td><td rowspan="7">M27×2</td></tr>
<tr><td>3TGⅡ-E125×※</td><td>125/100/80</td><td>480～900</td><td>193.2</td><td>78.45</td><td>159</td><td>155</td></tr>
<tr><td>4TGⅡ-E125×※</td><td>125/100/80/60</td><td>640～1200</td><td>193.2</td><td>44.13</td><td>159</td><td>155</td></tr>
<tr><td>2TGⅡ-E150×※</td><td>150/125</td><td>320～600</td><td>277.5</td><td>193.2</td><td>180</td><td>175</td></tr>
<tr><td>3TGⅡ-E150×※</td><td>150/125/100</td><td>480～900</td><td>277.5</td><td>123.6</td><td>180</td><td>175</td></tr>
<tr><td>4TGⅡ-E150×※</td><td>150/125/100/80</td><td>640～1200</td><td>277.5</td><td>78.45</td><td>180</td><td>175</td></tr>
<tr><td>5TGⅡ-E150×※</td><td>150/125/100/80/60</td><td>800～1500</td><td>277.5</td><td>44.13</td><td>180</td><td>175</td></tr>
</table>

表 22.6-133　TGⅢ型液压缸　（mm）



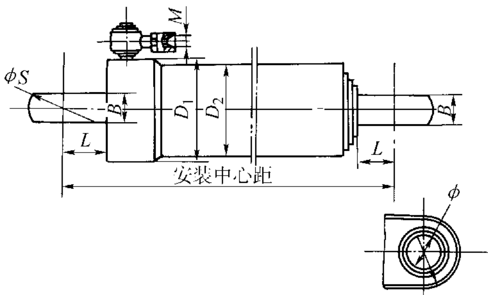
型　号	伸出套筒外径	总行程	安装中心距	额定压力/MPa	理论最大推力/kN		D_1	D_2	ϕS	ϕ	L	B	B_1	A	M
					首级	末级									
2TGⅢ-E80×※	80/60	320~600	330~565	16	78.45	44.13	108	105	50	40	35	220	40	300~455	M22×1.5
2TGⅢ-E100×※	100/80	320~600			123.6	78.45	133	130				245			
3TGⅢ-E100×※	100/80/60	480~900			123.6	44.13	133	130				245			
2TGⅢ-E125×※	125/100	320~600			193.2	123.6	159	155		50		285	50		
3TGⅢ-E125×※	125/100/80	480~900			193.2	78.45	159	155				285			
4TGⅢ-E125×※	125/100/80/60	640~1200			193.2	44.13	159	155				285			
2TGⅢ-E150×※	150/125	320~600			277.5	193.2	180	175				325			M27×2
3TGⅢ-E150×※	150/125/100	480~900			277.5	123.6	180	175				325			
4TGⅢ-E150×※	150/125/100/80	640~1200			277.5	78.45	180	175				325			
5TGⅢ-E150×※	150/125/100/80/60	800~1500			277.5	44.13	180	175				325			

表 22.6-134　TGⅣ型液压缸　（mm）



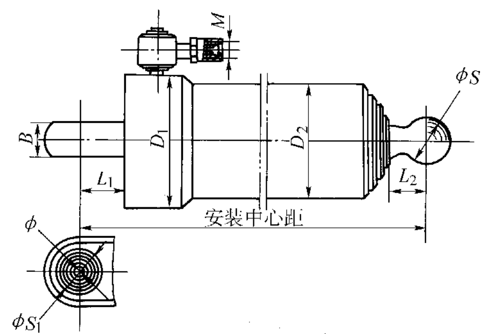
型　号	伸出套筒外径	总行程	安装中心距	额定压力/MPa	理论最大推力/kN		D_1	D_2	ϕS	L	M
					首级	末级					
2TGⅣ-E80×※	80/60	1400~2200	1040~1480	16	78.45	44.13	108	105	50	45	M22×1.5
3TGⅣ-E100×※	100/80/60	2100~3300	1055~1495		123.6	44.13	133	130	60	50	
3TGⅣ-E125×※	125/100/80	2100~3600	1055~1605		193.2	78.45	159	155	60	50	
4TGⅣ-E125×※	125/100/80/60	2800~4400	1060~1500		193.2	44.13	159	155	60	50	
3TGⅣ-E150×※	150/125/100	2100~4500	1075~1955		277.5	123.6	180	175	80	60	M27×1.5
4TGⅣ-E150×※	150/125/100/80	2800~4800	1080~1630		277.5	78.45	180	175	80	60	
5TGⅣ-E150×※	150/125/100/80/60	3500~5500	1085~1525		277.5	44.13	180	175	80	60	
3TGⅣ-E180×※	180/150/125	2100~4500	1085~1965		400	193.2	219	215	90	65	M30×2
4TGⅣ-E180×※	180/150/125/100	2800~6000	1090~1970		400	123.6	219	215	90	65	
5TGⅣ-E180×※	180/150/125/100/80	3500~6000	1095~1645		400	78.45	219	215	90	65	
6TGⅣ-E180×※	180/150/125/100/80/60	4200~6600	1100~1540		400	44.13	219	215	90	65	
3TGⅣ-E210×※	210/180/150	2100~4500	1095~1975		543	277.5	245	240	100	70	M36×2
4TGⅣ-E210×※	210/180/150/125	2800~6000	1100~1980		543	193.2	245	240	100	70	
5TGⅣ-E210×※	210/180/150/125/100	3500~7500	1105~1985		543	123.6	245	240	100	70	
6TGⅣ-E210×※	210/180/150/125/100/80	4200~7200	1110~1660		543	78.45	245	240	100	70	

表 22.6-135　TGⅤ型液压缸　　（mm）



型　号	伸出套筒外径	总行程	安装中心距	额定压力/MPa	理论最大推力/kN		D_1	D_2	ϕS	ϕ	L	M
					首级	末级						
2TGⅤ-E80×※	80/60	1400～2200	1040～1480	16	78.45	44.13	108	105	105	50	45	M22×1.5
3TGⅤ-E100×※	100/80/60	2100～3300	1055～1495		123.6	44.13	133	130	105	60	50	
3TGⅤ-E125×※	125/100/80	2100～3600	1055～1605		193.2	78.45	159	155	120	60	50	
4TGⅤ-E125×※	125/100/80/60	2800～4400	1060～1500		193.2	44.13	159	155	120	60	50	
3TGⅤ-E150×※	150/125/100	2100～4500	1075～1955		277.5	123.6	180	175	120	80	60	M27×1.5
4TGⅤ-E150×※	150/125/100/80	2800～4800	1080～1630		277.5	78.45	180	175	120	80	60	
5TGⅤ-E150×※	150/125/100/80/60	3500～5500	1085～1525		277.5	44.13	180	175	120	80	60	
3TGⅤ-E180×※	180/150/125	2100～4500	1085～1965		400	193.2	219	215	145	90	65	M30×2
4TGⅤ-E180×※	180/150/125/100	2800～6000	1090～1970		400	123.6	219	215	145	90	65	
5TGⅤ-E180×※	180/150/125/100/80	3500～6000	1095～1645		400	78.45	219	215	145	90	65	
6TGⅤ-E180×※	180/150/125/100/80/60	4200～6600	1110～1540		400	44.13	219	215	145	90	65	
3TGⅤ-E210×※	210/180/150	2100～4500	1095～1975		543	277.5	245	240	160	100	70	M36×2
4TGⅤ-E210×※	210/180/150/125	2800～6000	1100～1980		543	193.2	245	240	160	100	70	
5TGⅤ-E210×※	210/180/150/125/100	3500～7500	1105～1985		543	123.6	245	240	160	100	70	
6TGⅤ-E210×※	210/180/150/125/100/80	4200～7200	1110～1660		543	78.45	245	240	160	100	70	

表 22.6-136　TGⅥ型液压缸



（续）

型号	伸出套筒外径	总行程	安装中心距	额定压力/MPa	理论最大推力/kN		D_1	D_2	ϕS_1	ϕS	ϕ	B	L_1	L_2	M
					首级	末级									
2TGⅥ-E80×※	80/60	1400~2200	1040~1480	16	78.45	44.13	108	105	105	50	50	40	55	45	M22×1.5
3TGⅥ-E100×※	100/80/60	2100~3300	1055~1495		123.6	44.13	133	130	105	60	50	40	55	50	
3TGⅥ-E125×※	125/100/80	2100~3600	1055~1605		193.2	78.45	159	155	120	60	60	50	60	50	
4TGⅥ-E125×※	125/100/80/60	2800~4400	1060~1500		193.2	44.13	159	155	120	60	60	50	60	50	
3TGⅥ-E150×※	150/125/100	2100~4500	1075~1955		277.5	123.6	180	175	120	80	60	50	65	60	M27×1.5
4TGⅥ-E150×※	150/125/100/80	2800~4800	1080~1630		277.5	78.45	180	175	120	80	60	50	65	60	
5TGⅥ-E150×※	150/125/100/80/60	3500~5500	1085~1525		277.5	44.13	180	175	120	80	60	50	65	60	
3TGⅥ-E180×※	180/150/125	2100~4500	1085~1965		400	193.2	219	215	145	90	70	56	70	65	M30×2
4TGⅥ-E180×※	180/150/125/100	2800~6000	1090~1970		400	123.6	219	215	145	90	70	56	70	65	
5TGⅥ-E180×※	180/150/125/100/80	3500~6000	1095~1645		400	78.45	219	215	145	90	70	56	70	65	
6TGⅥ-E180×※	180/150/125/100/80/60	4200~6600	1100~1540		400	44.13	219	215	145	90	70	56	70	65	
3TGⅥ-E210×※	210/180/150	2100~4500	1095~1975		543	277.5	245	240	160	100	80	61	80	70	M36×2
4TGⅥ-E210×※	210/180/150/125	2800~6000	1100~1980		543	193.2	245	240	160	100	80	61	80	70	
5TGⅥ-E210×※	210/180/150/125/100	3500~7500	1105~1985		543	123.6	245	240	160	100	80	61	80	70	
6TGⅥ-E210×※	210/180/150/125/100/80	4200~7200	1110~1660		543	78.45	245	240	160	100	80	61	80	70	

2.5.8 齿轮齿条液压缸

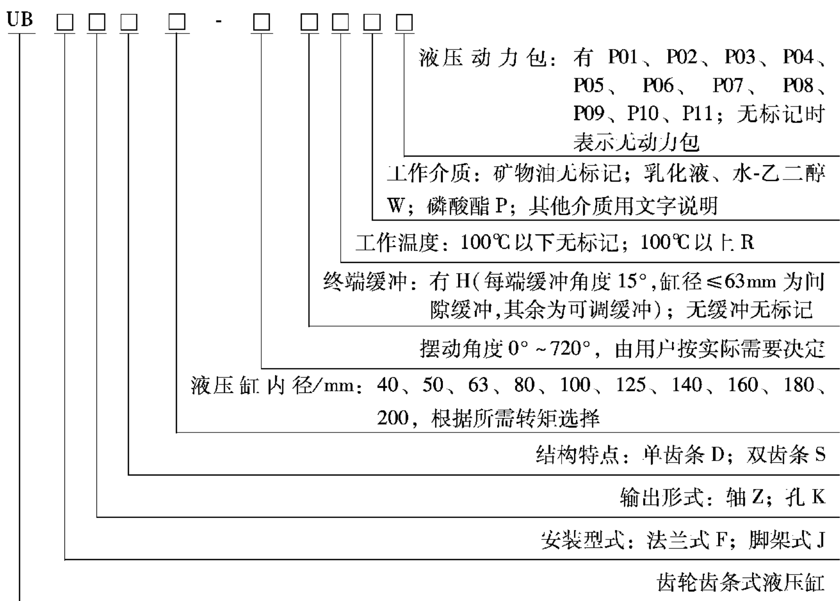
（1）UB型齿轮齿条液压缸

UB型齿轮齿条式液压缸为重型机械企业标准产品，标准号JB/ZQ 4713—1998。

UB型齿轮齿条式液压缸(以下简称UB缸)是将液压能转换为机械能，实现往复摆动的执行元件。往复直线运动的活塞——齿条带动齿轮正反向回转，输出转矩和转角。

UB缸公称压力16MPa，有单齿条和双齿条两种结构型式；有法兰式和脚架式两种安装方式；有轴和孔两种输出方式。带液压动力包的UB缸由含电动机、泵、阀和油箱的微型液压油源与UB缸组合而成，具有结构紧凑、体积小、重量轻等特点，适用于只装备单个UB缸或装备数量不多UB缸的场合。

1）型号说明：



2）技术规格见表22.6-137。

表22.6-137 UB型齿轮齿条液压缸的技术规格

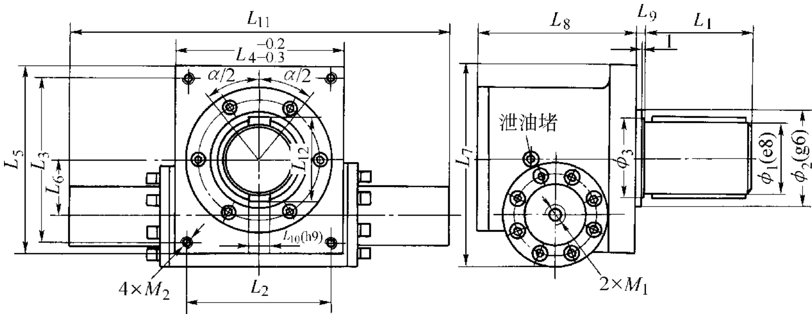
结构	连接方式	型号		缸径/mm	转矩/N·m（p=16MPa时）	转矩计算式/N·m（p=工作压力）	每度转角用油量/（L/°）	带液压动力包的摆动速度/(°/s)（无缓冲时）										
		轴输出	孔输出					P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11
单齿条	法兰	UBFZD40	UBFKD40	4	798	55(p-1.5)	0.00097	26	34	48	60	72	86	98	120	140	172	240
	脚架	UBJZD40	UBJKD40															
	法兰	UBFZD50	UBFKD50	50	1421	98(p-1.5)	0.00171	15	19	27	34	41	49	55	68	80	97	136
	脚架	UBJZD50	UBJKD50															
	法兰	UBFZD63	UBFKD63	63	2480	171(p-1.5)	0.00299	8	11	16	20	23	28	32	39	46	56	78
	脚架	UBJZD63	UBJKD63															
	法兰	UBFZD80	UBFKD80	80	4409	302(p-1.4)	0.00526	4.8	6	9	11	13	16	18	22	26	31	44
	脚架	UBJZD80	UBJKD80															
	法兰	UBFZD100	UBFKD100	100	8320	566(p-1.3)	0.00987	2.5	3	4.7	5.9	7	8.4	9.6	11	14	17	23
	脚架	UBJZD100	UBJKD100															
	法兰	UBFZD125	UBFKD125	125	14612	994(p-1.3)	0.01735	1.4	2	2.7	3.3	4	4.8	5.5	6.7	7.9	9.6	13
	脚架	UBJZD125	UBJKD125															
	法兰	UBFZD140	UBFKD140	140	20498	1385(p-1.2)	0.02418	1	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.8	5.6	6.9	9.6
	脚架	UBJZD140	UBJKD140															
	法兰	UBFZD160	UBFKD160	160	29748	2010(p-1.2)	0.03509	0.7	0.9	1.3	1.7	2	2.4	2.7	3.3	3.9	4.7	6.6
	脚架	UBJZD160	UBJKD160															
	法兰	UBFZD180	UBFKD180	180	40945	2748(p-1.1)	0.04797	0.5	0.7	1	1.2	1.5	1.7	2	2.4	2.8	3.5	4.9
	脚架	UBJZD180	UBJKD180															
	法兰	UBFZD200	UBFKD200	200	59370	3958(p-1.0)	0.06909	0.3	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2	2.4	3.2
	脚架	UBJZD200	UBJKD200															
双齿条	法兰	UBFZS40	UBFKS40	40	1595	110(p-1.5)	0.00193	13	17	24	30	36	43	49	60	70	81	120
	脚架	UBJZS40	UBJKS40															
	法兰	UBFZS50	UBFKS50	50	2842	196(p-1.5)	0.00343	7.5	9.5	14	17	20	24	23	34	40	49	68
	脚架	UBJZS50	UBJKS50															
	法兰	UBFZS63	UBFKS63	63	4959	342(p-1.5)	0.00598	4	5.5	8	10	12	14	16	19	23	28	39
	脚架	UBJZS63	UBJKS63															
	法兰	UBFZS80	UBFKS80	80	8818	604(p-1.4)	0.01053	2.4	3	4.5	5.5	6.5	8	9	11	13	16	22
	脚架	UBJZS80	UBJKS80															
	法兰	UBFZS100	UBFKS100	100	16640	1132(p-1.3)	0.01974	1.3	1.6	2.3	3	3.5	4.2	4.8	5.9	7	8.4	12
	脚架	UBJZS100	UBJKS100															
	法兰	UBFZS125	UBFKS125	125	29224	1988(p-1.3)	0.03470	0.7	1	1.3	1.7	2	2.4	2.7	3.8	3.9	4.8	6.7
	脚架	UBJZS125	UBJKS125															
	法兰	UBFZS140	UBFKS140	140	40996	2770(p-1.2)	0.04836	0.5	0.7	1	1.2	1.4	1.7	2	2.4	2.8	3.4	4.8
	脚架	UBJZS140	UBJKS140															
	法兰	UBFZS160	UBFKS160	160	59496	4020(p-1.2)	0.07018	0.3	0.5	0.7	0.8	1	1.2	1.3	1.6	1.9	2.3	3.3
	脚架	UBJZS160	UBJKS160															
	法兰	UBFZS180	UBFKS180	180	81890	5496(p-1.1)	0.09593	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.7	2.4
	脚架	UBJZS180	UBJKS180															
	法兰	UBFZS200	UBFKS200	200	118740	7916(p-1.0)	0.13817	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.6
	脚架	UBJZS200	UBJKS200															
液压动力包电动机功率/kW(380V,50Hz)								0.55	0.75	1.1	1.5	1.5	2	2	2.2	3	4	4

注：1. 液压缸工作环境温度-50~260℃。

2. 液压缸的起动压力≤1.5MPa。

3）外形及安装尺寸见表 22.6-138 ~ 148。

表 22.6-138　UBFZD 法兰式轴输出单齿条型　（mm）

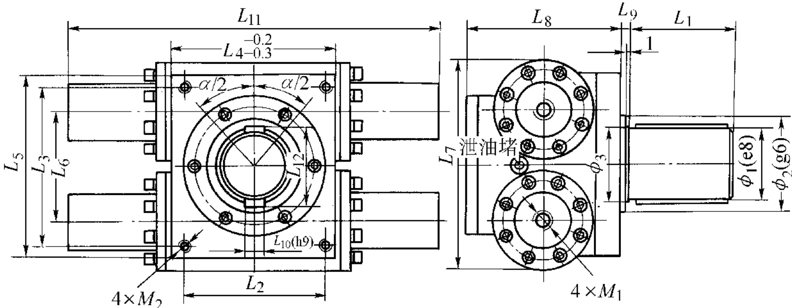


型　号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	M_1	M_2 × 孔深
UBFZD40	70	95	75	105	140	160	164	184	55	197	154	6	20	233 + 1.54α	79	M22 × 1.5	M12 × 20
UBFZD50	80	105	85	125	146	185	170	210	66	231	163	6	22	254 + 1.75α	90	M22 × 1.5	M12 × 20
UBFZD63	90	115	95	140	164	200	194	232	72	253	190	6	25	275 + 1.92α	100	M27 × 2	M16 × 25
UBFZD80	95	125	100	150	175	225	205	257	86	292	212	8	25	328 + 2.09α	105	M27 × 2	M16 × 25
UBFZD100	115	145	120	165	194	265	234	306	100	343	244	8	32	370 + 2.51α	129	M33 × 2	M20 × 30
UBFZD125	125	155	130	170	230	285	274	334	116	390	284	8	32	417 + 2.83α	139	M42 × 2	M24 × 35
UBFZD140	145	180	150	200	240	305	286	354	125	418	290	10	36	423 + 3.14α	161	M42 × 2	M24 × 35
UBFZD160	165	200	170	220	255	330	315	390	140	464	314	10	40	484 + 3.49α	183	M48 × 2	M30 × 45
UBFZD180	175	220	180	240	330	380	390	440	152	518	380	12	45	578 + 3.77α	195	M48 × 2	M30 × 45
UBFZD200	195	240	200	260	365	440	425	500	170	578	438	12	45	610 + 4.40α	215	M48 × 2	M30 × 45

注：1. α—摆动角度，由客户按要求决定(0° ~ 720°范围内,摆角公差 α ± 1°)。如需更高精度或需摆角微调，请在订货时说明。

2. 视图上双平键位置表示此位置的双平键轴可向左右各转动二分之一摆角。

表 22.6-139　UBFZS 法兰式轴输出双齿条型　（mm）



型　号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	M_1	M_2 × 孔深
UBFZS40	70	95	75	105	140	160	164	184	110	210	154	6	20	233 + 1.54α	79	M22 × 1.5	M12 × 20
UBFZS50	80	105	85	125	146	185	170	210	132	252	163	6	22	254 + 1.75α	90	M22 × 1.5	M12 × 20
UBFZS63	90	115	95	140	164	200	194	232	144	274	190	6	25	275 + 1.92α	100	M27 × 2	M16 × 25
UBFZS80	95	125	100	150	175	225	205	257	172	327	212	8	25	328 + 2.09α	105	M27 × 2	M16 × 25
UBFZS100	115	145	120	165	194	265	234	306	200	380	244	8	32	370 + 2.51α	129	M33 × 2	M20 × 30
UBFZS125	125	155	130	170	230	285	274	334	232	446	284	8	32	417 + 2.83α	139	M42 × 2	M24 × 35
UBFZS140	145	180	150	200	240	305	286	354	250	482	290	10	36	423 + 3.14α	161	M42 × 2	M24 × 35

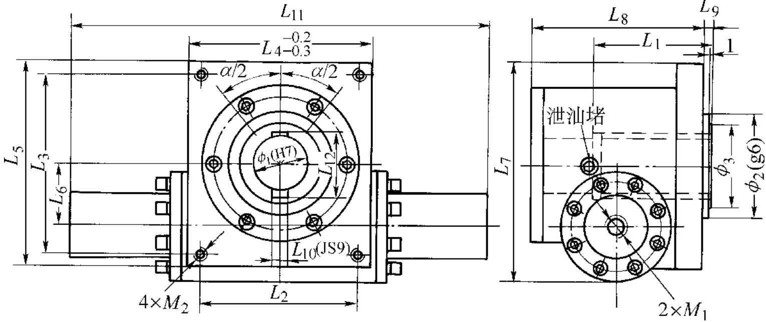
（续）

型　　号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	M_1	M_2×孔深
UBFZS160	165	200	170	220	255	330	315	390	280	538	314	10	40	$484+3.49\alpha$	183	M48×2	M30×45
UBFZS180	175	220	180	240	330	380	390	440	304	596	380	12	45	$578+3.77\alpha$	195	M48×2	M30×45
UBFZS200	195	240	200	260	365	440	425	500	340	656	438	12	45	$610+4.40\alpha$	215	M48×2	M30×45

注：1. α—摆动角度，由客户按要求决定(0°～720°范围内,摆角公差 $\alpha\pm1°$)。如需更高精度或需摆角微调，请在订货时说明。

2. 视图上双平键位置表示此位置的双平键轴可向左右各转动二分之一摆角。

表 22.6-140　UBFKD 法兰式孔输出单齿条型　　（mm）

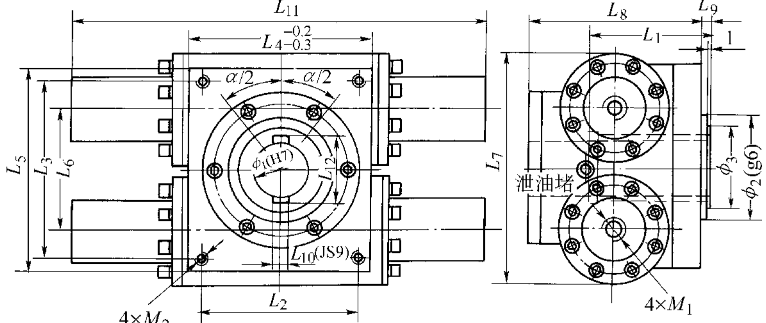


型　　号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	M_1	M_2×孔深
UBFKD40	50	95	75	105	140	160	164	184	55	197	154	6	14	$233+1.54\alpha$	57.6	M22×1.5	M12×20
UBFKD50	60	105	85	125	146	185	170	210	66	231	163	6	18	$254+1.75\alpha$	68.8	M22×1.5	M12×20
UBFKD63	65	115	95	140	164	200	194	232	72	253	190	6	18	$275+1.92\alpha$	73.8	M27×2	M16×25
UBFKD80	70	125	100	150	175	225	205	257	86	292	212	8	20	$328+2.09\alpha$	79.8	M27×2	M16×25
UBFKD100	85	145	120	165	194	265	234	306	100	343	244	8	22	$370+2.51\alpha$	95.8	M33×2	M20×30
UBFKD125	90	155	130	170	230	285	274	334	116	390	284	8	25	$417+2.83\alpha$	100.8	M42×2	M24×35
UBFKD140	105	180	150	200	240	305	286	354	125	418	290	10	28	$423+3.14\alpha$	117.8	M42×2	M24×35
UBFKD160	120	200	170	220	255	330	315	390	140	464	314	10	32	$484+3.49\alpha$	134.8	M48×2	M30×45
UBFKD180	125	220	180	240	330	380	390	440	152	518	380	12	32	$578+3.77\alpha$	139.8	M48×2	M30×45
UBFKD200	140	240	200	260	365	440	425	500	170	578	438	12	36	$610+4.40\alpha$	156.8	M48×2	M30×45

注：1. α—摆动角度，由客户按要求决定(0°～720°范围内,摆角公差 $\alpha\pm1°$)。如需更高精度或需摆角微调，请在订货时说明。

2. 视图上双平键位置表示此位置的双平键轴可向左右各转动二分之一摆角。

表 22.6-141　UBFKS 法兰式孔输出双齿条型　　（mm）



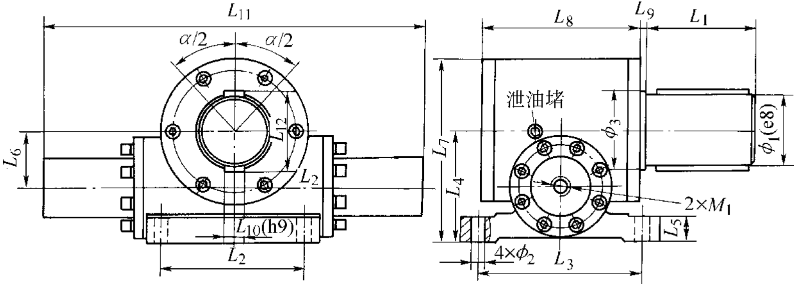
（续）

型　号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	M_1	M_2 ×孔深
UBFKS40	50	95	75	105	140	160	164	184	110	210	154	6	14	233 + 1. 54α	57. 6	M22 × 1. 5	M12 × 20
UBFKS50	60	105	85	125	146	185	170	210	132	252	163	6	18	254 + 1. 75α	68. 8	M22 × 1. 5	M12 × 20
UBFKS63	65	115	95	140	164	200	194	232	144	274	190	6	18	275 + 1. 92α	73. 8	M27 × 2	M16 × 25
UBFKS80	70	125	100	150	175	225	205	257	172	327	212	8	20	328 + 2. 09α	79. 8	M27 × 2	M16 × 25
UBFKS100	85	145	120	165	194	265	234	306	200	380	244	8	22	370 + 2. 51α	95. 8	M33 × 2	M20 × 30
UBFKS125	90	155	130	170	230	285	274	334	232	446	284	8	25	417 + 2. 83α	100. 8	M42 × 2	M24 × 35
UBFKS140	105	180	150	200	240	305	286	354	250	482	290	10	28	423 + 3. 14α	117. 8	M42 × 2	M24 × 35
UBFKS160	120	200	170	220	255	330	315	390	280	538	314	10	32	484 + 3. 49α	134. 8	M48 × 2	M30 × 45
UBFKS180	125	220	180	240	330	380	390	440	304	596	380	12	32	578 + 3. 77α	139. 8	M48 × 2	M30 × 45
UBFKS200	140	240	200	260	365	440	425	500	340	656	438	12	36	610 + 4. 40α	156. 8	M48 × 2	M30 × 45

注：1. α—摆动角度，由客户按要求决定(0° ~720°范围内,摆角公差 α ±1°)。如需更高精度或需摆角微调，请在订货时说明。

2. 视图上双平键位置表示此位置的双平键孔可向左右各转动二分之一摆角。

表 22. 6-142　UBJZD 脚架式轴输出单齿条型　（mm）

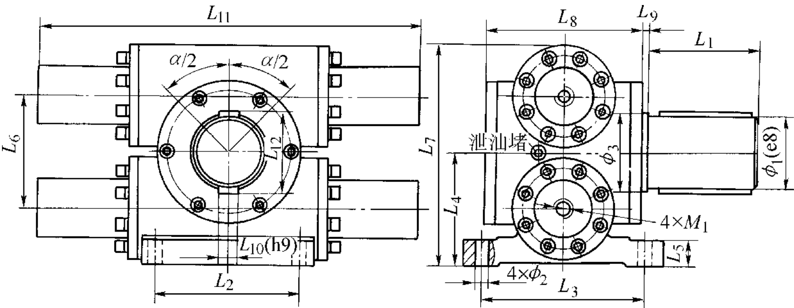


型　号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	M_1
UBJZD40	70	13. 5	75	105	140	160	110	25	55	188	154	6	20	233 + 1. 54α	79	M22 × 1. 5
UBJZD50	80	13. 5	85	125	146	185	131	25	66	215	163	6	22	254 + 1. 75α	90	M22 × 1. 5
UBJZD63	90	17. 5	95	140	164	200	142	35	72	236	190	6	25	275 + 1. 92α	100	M27 × 2
UBJZD80	95	17. 5	100	150	175	225	168	35	86	267	212	8	25	328 + 2. 09α	105	M27 × 2
UBJZD100	115	22	120	165	194	265	195	35	100	306	244	8	32	370 + 2. 51α	129	M33 × 2
UBJZD125	125	26	130	170	230	285	228	40	116	354	284	8	32	417 + 2. 83α	139	M42 × 2
UBJZD140	145	26	150	200	240	305	246	40	125	377	290	10	36	423 + 3. 14α	161	M42 × 2
UBJZD160	165	33	170	220	255	330	274	45	140	415	314	10	40	484 + 3. 49α	183	M48 × 2
UBJZD180	175	33	180	240	330	380	303	45	152	475	380	12	45	578 + 3. 77α	195	M48 × 2
UBJZD200	195	33	200	260	365	440	333	45	170	520	438	12	45	610 + 4. 40α	215	M48 × 2

注：1. α—摆动角度，由客户按要求决定(0° ~720°范围内,摆角公差 α ±1°)。如需更高精度或需摆角微调，请在订货时说明。

2. 视图上双平键位置表示此位置的双平键轴可向左右各转动二分之一摆角。

表 22. 6-143　UBJZS 脚架式轴输出双齿条型　（mm）



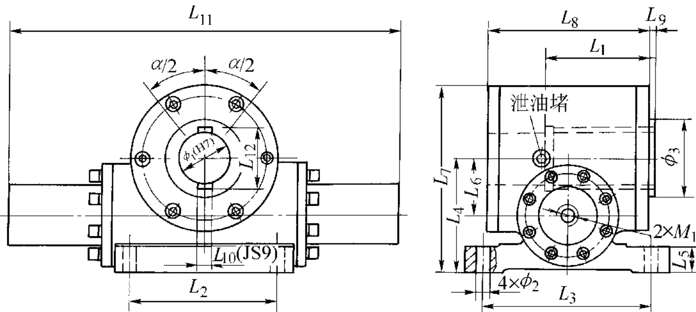
（续）

型　号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	M_1
UBJZS40	70	13.5	75	105	140	160	110	25	110	215	154	6	20	$233+1.54\alpha$	79	M22×1.5
UBJZS50	80	13.5	85	125	146	185	131	25	132	257	163	6	22	$254+1.75\alpha$	90	M22×1.5
UBJZS63	90	17.5	95	140	164	200	142	35	144	279	190	6	25	$275+1.92\alpha$	100	M27×2
UBJZS80	95	17.5	100	150	175	225	168	35	172	332	212	8	25	$328+2.09\alpha$	105	M27×2
UBJZS100	115	22	120	165	194	265	195	35	200	385	244	8	32	$370+2.51\alpha$	129	M33×2
UBJZS125	125	26	130	170	230	285	228	40	232	451	284	8	32	$417+2.83\alpha$	139	M42×2
UBJZS140	145	26	150	200	240	305	246	40	250	487	290	10	36	$423+3.14\alpha$	161	M42×2
UBJZS160	165	33	170	220	255	330	274	45	280	543	314	10	40	$484+3.49\alpha$	183	M48×2
UBJZS180	175	33	180	240	330	380	303	45	304	601	380	12	45	$578+3.77\alpha$	195	M48×2
UBJZS200	195	33	200	260	365	440	333	45	340	661	438	12	45	$610+4.40\alpha$	215	M48×2

注：1. α—摆动角度，由客户按要求决定(0°～720°范围内,摆角公差 $\alpha\pm1°$)。如需更高精度或需摆角微调，请在订货时说明。

2. 视图上双平键位置表示此位置的双平键轴可向左右各转动二分之一摆角。

表 22.6-144　UBJKD 脚架式孔输出单齿条型　（mm）

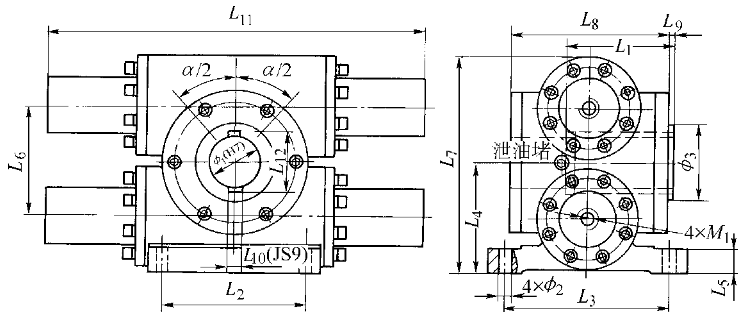


型　号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	M_1
UBJKD40	50	13.5	75	105	140	160	110	25	55	188	154	6	14	$233+1.54\alpha$	57.6	M22×1.5
UBJKD50	60	13.5	85	125	146	185	131	25	66	215	163	6	18	$254+1.75\alpha$	68.8	M22×1.5
UBJKD63	65	17.5	95	140	164	200	142	35	72	236	190	6	18	$275+1.92\alpha$	73.8	M27×2
UBJKD80	70	17.5	100	150	175	225	168	35	86	267	212	8	20	$328+2.09\alpha$	79.8	M27×2
UBJKD100	85	22	120	165	194	265	195	35	100	306	244	8	22	$370+2.51\alpha$	95.8	M33×2
UBJKD125	90	26	130	170	230	285	228	40	116	354	284	8	25	$417+2.83\alpha$	100.8	M42×2
UBJKD160	105	26	150	200	240	305	246	40	125	377	290	10	28	$423+3.14\alpha$	117.8	M42×2
UBJKD160	120	33	170	220	255	330	274	45	140	415	314	10	32	$484+3.49\alpha$	134.8	M48×2
UBJKD180	125	33	180	240	330	380	303	45	152	475	380	12	32	$578+3.77\alpha$	139.8	M48×2
UBJKD200	140	33	200	260	365	440	333	45	170	520	438	12	36	$610+4.40\alpha$	156.8	M48×2

注：1. α—摆动角度，由客户按要求决定(0°～720°范围内,摆角公差 $\alpha\pm1°$)。如需更高精度或需摆角微调，请在订货时说明。

2. 视图上双平键位置表示此位置的双平键轴可向左右各转动二分之一摆角。

表 22.6-145　UBJKS 脚架式孔输出双齿条型　（mm）



（续）

型　　号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	M_1
UBJKS40	50	13.5	75	105	140	160	110	25	110	215	154	6	14	$233+1.54\alpha$	57.6	M22×1.5
UBJKS50	60	13.5	85	125	146	185	131	25	132	257	163	6	18	$254+1.75\alpha$	68.8	M22×1.5
UBJKS63	65	17.5	95	140	164	200	142	35	144	279	190	6	18	$275+1.92\alpha$	73.8	M27×2
UBJKS80	70	17.5	100	150	175	225	168	35	172	332	212	8	20	$328+2.09\alpha$	79.8	M27×2
UBJKS100	85	22	120	165	194	265	195	35	200	385	244	8	22	$370+2.51\alpha$	95.8	M33×2
UBJKS125	90	26	130	170	230	285	228	40	232	451	284	8	25	$417+2.83\alpha$	100.8	M42×2
UBJKS140	105	26	150	200	240	305	246	40	250	487	290	10	28	$423+3.14\alpha$	117.8	M42×2
UBJKS160	120	33	170	220	255	330	274	45	280	543	314	10	32	$484+3.49\alpha$	134.8	M48×2
UBJKS180	125	33	180	240	330	380	303	45	304	601	380	12	32	$578+3.77\alpha$	139.8	M48×2
UBJKS200	140	33	200	260	365	440	333	45	340	661	438	12	36	$610+4.40\alpha$	156.8	M48×2

注：1. α—摆动角度，由客户按要求决定（0°～720°范围内，摆角公差 $\alpha\pm1°$）。如需更高精度或需摆角微调，请在订货时说明。

2. 视图上双平键位置表示此位置的双平键孔可向左右各转动二分之一摆角。

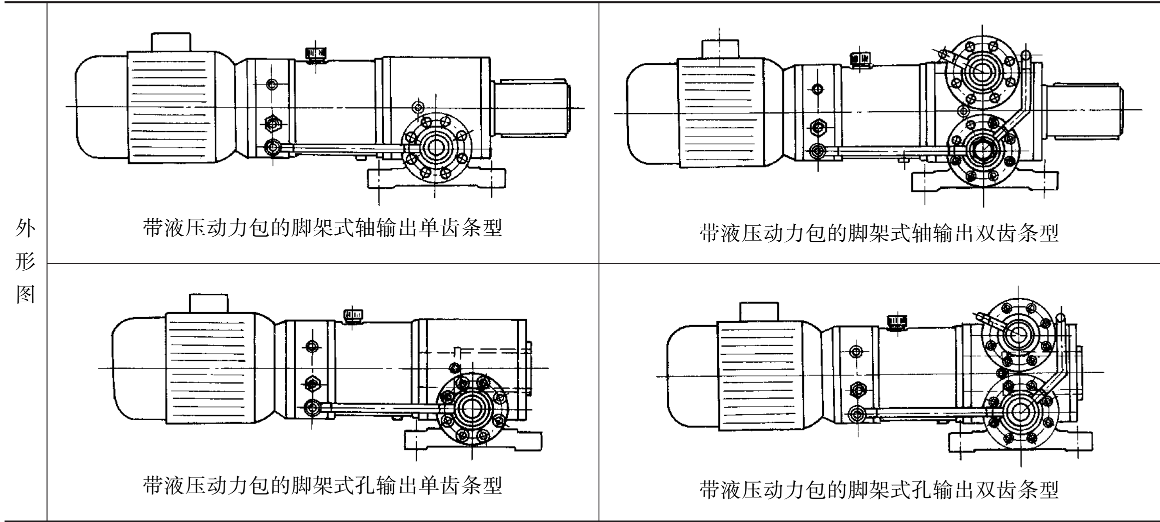
表 22.6-146　UB 缸重量

液压缸内径/mm	齿条数	摆动 90°重量/kg	每增加 90°增加重量/kg	液压缸内径/mm	齿条数	摆动 90°重量/kg	每增加 90°增加重量/kg
40	D	32	2.5	125	D	200	27.8
	S	51	5		S	320	55.6
50	D	45	3.5	140	D	260	38.2
	S	72	7		S	420	76.4
63	D	70	5.2	160	D	355	48.1
	S	115	10.4		S	570	96.2
80	D	90	8.4	180	D	500	66.5
	S	145	16.8		S	800	133
100	D	140	15.6	200	D	680	97.3
	S	225	31.2		S	1090	194.6

表 22.6-147　带液压动力包的 UB 缸

外形图		
	带液压动力包的法兰式轴输出单齿条型	带液压动力包的法兰式轴输出双齿条型
	带液压动力包的法兰式孔输出单齿条型	带液压动力包的法兰式孔输出双齿条型

（续）



注：UB 缸本体部分尺寸见前面相应各型尺寸表。

表 22.6-148　液压动力包

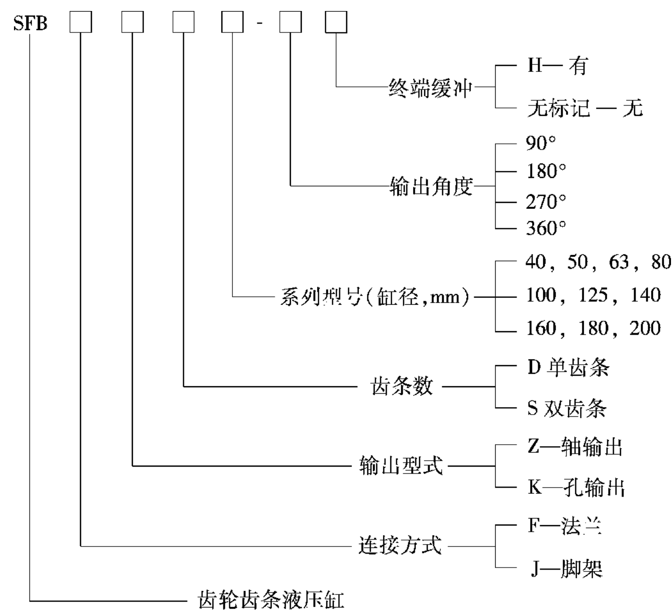
1—电动机　2—接线盒　3—油口　4—溢流阀　5—单向阀　6—液压泵　7—加油口　8—油箱　9—放油螺塞

液压动力包工作环境温度应不高于 80℃。改变电动机的相位，可实现 UB 缸的往复摆动。分别调节液压动力包上的两只溢流阀，还可实现 UB 缸正反向旋转具有不同的输出转矩

液压动力包型号		P_{01}	P_{02}	P_{03}	P_{04}	P_{05}	P_{06}	P_{07}	P_{08}	P_{09}	P_{10}	P_{11}
流量/L·min^{-1}		1.5	2	2.8	3.5	4.2	5	5.7	7	8.2	10	14
三相交流电动机	功率/kW	0.55	0.75	1.1	1.5		2.0		2.2	3.0	4.0	
	转速/r·min^{-1}	1400							1420		1440	
	ϕ/mm	165	165	180	180		180		220	220	240	
	H/mm	120	120	130	130		130		180	180	190	
	L/mm	275	275	280	305		310		370	370	380	
重量/kg		27	28	32	35		40		48	52	83	

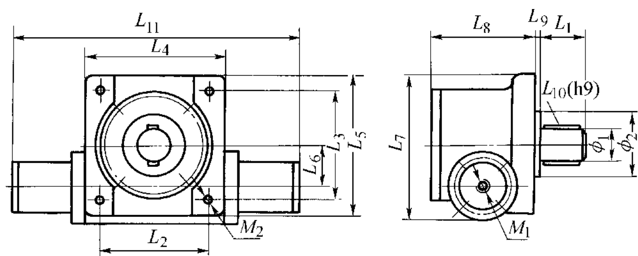
（2）SFB 型齿轮齿条液压缸

1）型号说明：



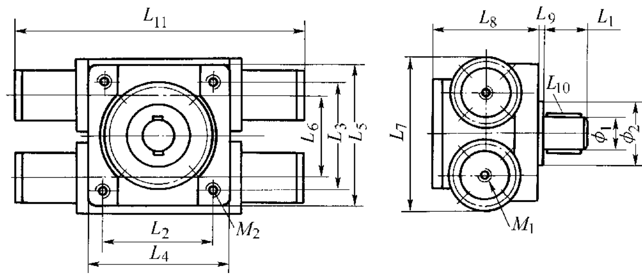
2）技术规格和外形尺寸见表 22. 6-149 ~ 156。

表 22. 6-149　SFBFZD 型液压缸的技术规格和外形尺寸　（mm）



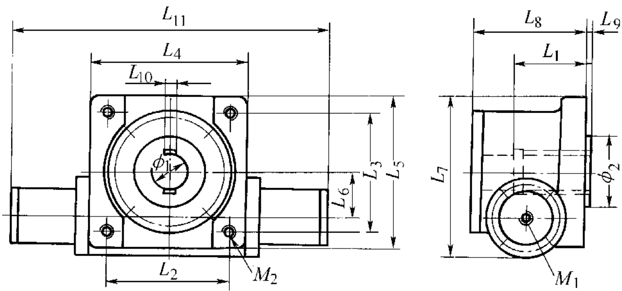
型　　号	缸径	转矩/N·m	ϕ_1(c8)	ϕ_2(g6)	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}				M_1	M_2 × 孔深
															90°	180°	270°	360°		
SFBFZD40	70	730	70	95	105	140	160	164	184	55	197	154	6	20	414	552	690	828	M22 × 1. 5	M12 × 20
SFBFZD50	50	1297	80	105	125	146	185	170	210	66	231	163	6	22	445	602	759	916	M22 × 1. 5	M12 × 20
SFBFZD63	63	2266	90	115	140	164	200	194	232	72	253	190	6	25	483	656	828	1001	M27 × 2	M16 × 25
SFBFZD80	80	3987	95	125	150	175	225	205	257	86	292	212	8	25	559	748	936	1125	M27 × 2	M16 × 25
SFBFZD100	100	7476	115	145	165	194	265	234	306	100	343	244	8	32	626	852	1079	1305	M33 × 2	M20 × 30
SFBFZD125	125	13141	125	155	170	230	285	274	334	116	390	284	8	32	718	975	1233	1491	M42 × 2	M24 × 35
SFBFZD140	140	18317	145	180	200	240	305	286	354	125	418	290	10	36	766	1048	1331	1614	M42 × 2	M24 × 25
SFBFZD160	160	26583	165	200	220	255	330	315	390	140	464	314	10	40	825	1139	1453	1768	M48 × 2	M30 × 45
SFBFZD180	180	36334	175	220	240	330	380	390	440	152	518	380	12	45	923	1263	1602	1941	M48 × 2	M30 × 45
SFBFZD200	200	52335	195	240	260	365	440	425	500	170	578	438	12	45	1007	1403	1799	2194	M48 × 2	M30 × 45

表 22.6-150　SFBFZS 型液压缸的技术规格和外形尺寸　（mm）



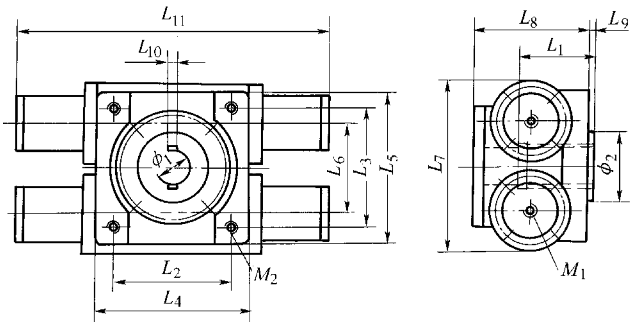
型　号	缸径	转矩/N·m	ϕ_1(c8)	ϕ_2(g6)	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}				M_1	M_2×孔深
															90°	180°	270°	360°		
SFBFZS40	40	1460	70	95	105	140	160	164	184	110	210	154	6	20	414	552	690	828	M22×1.5	M12×20
SFBFZS50	50	2594	80	105	125	146	185	170	210	132	252	163	6	22	445	602	759	916	M22×1.5	M12×20
SFBFZS63	63	4532	90	115	140	164	200	194	232	144	274	190	6	25	483	656	828	1001	M27×2	M16×25
SFBFZS80	80	7974	95	125	150	175	225	205	257	172	327	212	8	25	559	748	936	1125	M27×2	M16×25
SFBFES100	100	14592	115	145	165	194	265	234	306	200	380	244	8	32	626	852	1079	1305	M33×2	M20×30
SFBFZS125	125	26282	125	155	170	230	285	274	334	232	446	284	8	32	718	975	1233	1491	M42×2	M24×35
SFBFZS140	140	36634	145	180	200	240	305	286	354	250	482	290	10	36	766	1048	1331	1614	M42×2	M24×25
SFBFZS160	160	53166	165	200	220	255	330	315	390	280	538	314	10	40	825	1139	1453	1768	M48×2	M30×45
SFBFZS180	180	72668	175	220	240	330	380	390	440	304	596	380	12	45	923	1263	1602	1941	M48×2	M30×45
SFBFZS200	200	104670	195	240	260	365	440	425	500	340	656	438	12	45	1007	1406	1799	2194	M48×2	M30×45

表 22.6-151　SFBFKD 型液压缸的技术规格和外形尺寸　（mm）



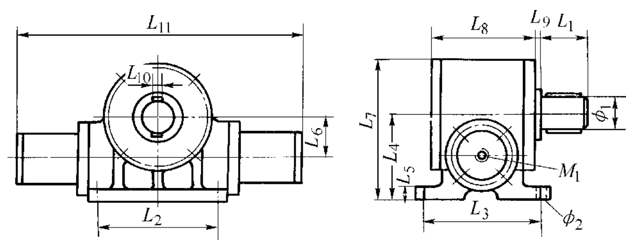
型　号	缸径	转矩/N·m	ϕ_1(H7)	ϕ_2(g6)	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}(js9)	L_{11}				M_1	M_2×孔深
															90°	180°	270°	360°		
SFBFKD40	40	730	50	95	105	140	160	164	184	55	197	154	6	14	414	552	690	828	M22×1.5	M12×20
SFBFKD50	50	1297	60	105	125	146	185	170	210	66	231	163	6	18	445	602	759	916	M22×1.5	M12×20
SFBFKD63	63	2266	65	115	140	164	200	194	232	72	253	190	6	18	483	656	828	1001	M27×2	M16×25
SFBFKD80	80	3987	70	125	150	175	225	205	257	86	292	212	8	20	559	748	936	1125	M27×2	M16×25
SFBFKD100	100	7476	85	145	165	194	265	234	306	100	343	244	8	22	626	852	1079	1305	M33×2	M20×30
SFBFKD125	125	13141	90	155	170	230	285	274	334	116	390	284	8	25	718	975	1233	1491	M42×2	M24×35
SFBFKD140	140	18317	105	180	200	240	305	287	354	125	418	290	10	28	766	1048	1331	1614	M42×2	M24×25
SFBFKD160	160	26583	120	200	220	255	330	315	390	140	464	314	10	32	825	1139	1453	1768	M48×2	M30×45
SFBFKD180	180	36334	125	220	240	330	380	390	440	152	518	380	12	32	923	1263	1602	1941	M48×2	M30×45
SFBFKD200	200	52335	140	240	260	365	440	425	500	170	578	438	12	36	1007	1403	1799	2194	M48×2	M30×45

表 22.6-152　SFBFKS 型液压缸的技术规格和外形尺寸　（mm）



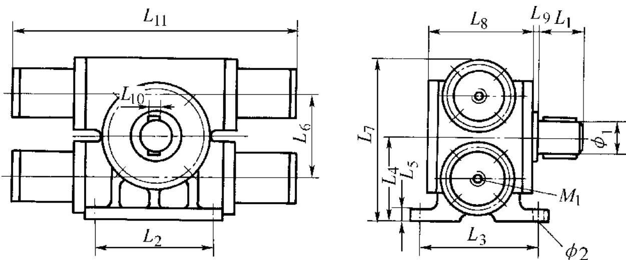
型　号	缸径	转矩 /N·m	ϕ_1 (H7)	ϕ_2 (g6)	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10} (js9)	L_{11} 90°	L_{11} 180°	L_{11} 270°	L_{11} 360°	M_1	M_2 × 孔深
SFBFKS40	40	1460	50	95	105	140	160	164	184	110	210	154	6	14	414	552	690	828	M22×1.5	M12×20
SFBFKS50	50	2594	60	105	125	146	185	170	210	132	252	163	6	18	445	602	759	916	M22×1.5	M12×20
SFBFKS63	63	4532	65	115	140	164	200	194	232	144	274	190	6	18	483	656	828	1001	M27×2	M16×25
SFBFKS80	80	7974	70	125	150	175	225	205	257	172	327	212	8	20	559	748	936	1125	M27×2	M16×25
SFBFKS100	100	14592	85	145	165	194	265	234	306	200	380	244	8	22	626	852	1079	1305	M33×2	M20×30
SFBFKS125	125	26282	90	155	170	230	285	274	334	232	446	284	8	25	718	975	1233	1491	M42×2	M24×35
SFBFKS140	140	36634	105	180	200	240	305	286	354	250	482	290	10	28	766	1048	1331	1614	M42×2	M24×25
SFBFKS160	160	53166	120	200	220	255	330	315	390	280	538	314	10	32	825	1139	1453	1768	M48×2	M30×45
SFBFKS180	180	72668	125	220	240	330	380	390	440	304	596	380	12	32	923	1263	1602	1941	M48×2	M30×45
SFBFKS200	200	104670	140	240	260	365	440	425	500	340	656	438	12	36	1007	1403	1799	2194	M48×2	M30×45

表 22.6-153　SFBJZD 型液压缸的技术规格和外形尺寸　（mm）



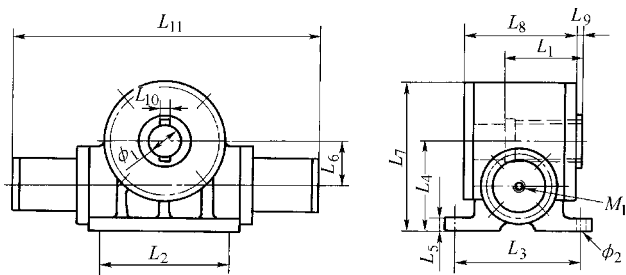
型　号	缸径	转矩 /N·m	ϕ_1 (c8)	ϕ_2	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10} (h9)	L_{11} 90°	L_{11} 180°	L_{11} 270°	L_{11} 360°	M_1
SFBJZD40	40	730	70	13.5	105	140	160	110	25	55	188	154	6	20	414	552	690	828	M22×1.5
SFBJZD50	50	1297	80	13.5	125	146	185	131	25	66	215	163	6	22	445	602	759	916	M22×1.5
SFBJZD63	63	2266	90	17.5	140	164	200	142	35	72	236	190	6	25	483	656	828	1001	M27×2
SFBJZD80	80	3987	95	17.5	150	175	225	168	35	86	267	212	8	25	559	748	936	1125	M27×2
SFBJZD100	100	7476	115	22	165	194	265	195	35	100	306	244	8	32	626	852	1079	1305	M33×2
SFBJZD125	125	13141	125	26	170	230	285	228	40	116	354	284	8	32	718	975	1233	1491	M42×2
SFBJZD140	140	18317	145	26	200	240	305	246	40	125	377	290	10	36	766	1048	1331	1614	M42×2
SFBJZD160	160	26583	165	33	220	255	330	274	45	140	415	314	10	40	825	1139	1453	1768	M48×2
SFBJZD180	180	36334	175	33	240	330	380	303	45	152	475	380	12	45	923	1263	1602	1941	M48×2
SFBJZD200	200	52335	195	33	260	365	440	333	45	170	520	438	12	45	1007	1403	1799	2194	M48×2

表 22.6-154 SFBJZS 型液压缸的技术规格和外形尺寸 (mm)



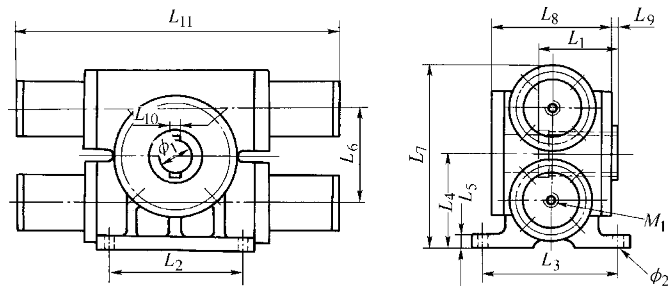
型号	缸径	转矩 /N·m	ϕ_1 (c8)	ϕ_2	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10} (h9)	L_{11} 90°	180°	270°	360°	M_1
SFBJZS40	40	1460	70	13.5	105	140	160	110	25	110	215	154	6	20	414	552	690	828	M22×1.5
SFBJZS50	50	2594	80	13.5	125	146	185	131	25	132	257	163	6	22	445	602	759	916	M22×1.5
SFBJZS63	63	4532	90	17.5	140	164	200	142	35	144	279	190	6	25	483	656	828	1001	M27×2
SFBJZS80	80	7974	95	17.5	150	175	225	168	35	172	332	212	8	25	559	748	936	1125	M27×2
SFBJZS100	100	14592	115	22	165	194	265	195	35	200	385	244	8	32	626	852	1079	1305	M33×2
SFBJZS125	125	26282	125	26	170	230	285	228	40	232	451	284	8	32	718	975	1233	1491	M42×2
SFBJZS140	140	36634	145	26	200	240	305	246	40	250	487	290	10	36	766	1048	1331	1614	M42×2
SFBJZS160	160	53166	165	33	220	255	330	274	45	280	543	314	10	40	825	1139	1453	1768	M48×2
SFBJZS180	180	72668	175	33	240	330	380	303	45	304	601	380	12	45	923	1263	1602	1941	M48×2
SFBJZS200	200	104670	195	33	260	365	440	333	45	340	661	438	12	45	1007	1403	1799	2194	M48×2

表 22.6-155 SFBJKD 型液压缸的技术规格和外形尺寸 (mm)



型号	缸径	转矩 /N·m	ϕ_1 (H7)	ϕ_2	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10} (js9)	L_{11} 90°	180°	270°	360°	M_1
SFBJKD40	40	730	50	13.5	105	140	160	110	25	55	188	154	6	14	414	552	690	828	M22×1.5
SFBJKD50	50	1297	60	13.5	125	146	185	131	25	66	215	163	6	18	445	602	759	916	M22×1.5
SFBJKD63	63	2266	65	17.5	140	164	200	142	35	72	236	190	6	18	483	656	828	1001	M27×2
SFBJKD80	80	3987	70	17.5	150	175	225	168	35	86	267	212	8	20	559	748	936	1125	M27×2
SFBJKD100	100	7476	85	22	165	194	265	195	35	100	306	244	8	22	626	852	1079	1305	M33×2
SFBJKD125	125	13141	90	26	170	230	285	228	40	116	354	284	8	25	718	975	1233	1491	M42×2
SFBJKD140	140	18317	105	26	200	240	305	246	40	125	377	290	10	28	766	1048	1331	1614	M42×2
SFBJKD160	160	26583	120	33	220	255	330	274	45	140	415	314	10	32	825	1139	1453	1768	M48×2
SFBJKD180	180	36334	125	33	240	330	380	303	45	152	475	380	12	32	923	1263	1602	1941	M48×2
SFBJKD200	200	52335	140	33	260	365	440	333	45	170	520	438	12	36	1007	1403	1799	2194	M48×2

表 22.6-156　SFBJKS 型液压缸的技术规格和外形尺寸　（mm）



型　号	缸径	转矩 /N·m	ϕ_1 (H7)	ϕ_2	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10} (js9)	L_{11} 90°	L_{11} 180°	L_{11} 270°	L_{11} 360°	M_1
SFBJKS40	40	1460	50	13.5	105	140	160	110	25	110	215	154	6	14	414	552	690	828	M22×1.5
SFBJKS50	50	2594	60	13.5	125	146	185	131	25	132	257	163	6	18	445	602	759	916	M22×1.5
SFBJKS63	63	4532	65	17.5	140	164	200	142	35	144	279	190	6	18	483	656	828	1001	M27×2
SFBJKS80	80	7974	70	17.5	150	175	225	168	35	172	332	212	8	20	559	748	936	1125	M27×2
SFBJKS100	100	14592	85	22	165	194	265	195	35	200	385	244	8	22	626	852	1079	1305	M33×2
SFBJKS125	125	26282	90	26	170	230	285	228	40	232	451	284	8	25	718	975	1233	1491	M42×2
SFBJKS140	140	36634	105	26	200	240	305	246	40	250	487	290	10	28	766	1048	1331	1614	M42×2
SFBJKS160	160	53166	120	33	220	255	330	274	45	280	543	314	10	32	825	1139	1453	1768	M48×2
SFBJKS180	180	72668	125	33	240	330	380	303	45	304	601	380	12	32	923	1263	1602	1941	M48×2
SFBJKS200	200	104670	140	33	260	365	440	333	45	340	661	438	12	36	1007	1403	1799	2194	M48×2

第 7 章　液压控制阀

1　液压控制阀概述

液压阀的作用是控制液压系统中的流体压力、方向和流量，从而控制整个液压系统的全部功能，如系统的工作压力，执行机构的动作程序，工作部件的运动速度、方向，以及变换频率、输出力或力矩等。

1.1　液压控制阀的分类

液压控制阀按照功能主要分为压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀等。

1）压力控制阀主要控制执行机构输出力或输出转矩的大小，并确定液压泵及整个液压系统的工作负载，在过载时起到保护系统的作用。它的主要品种有溢流阀、减压阀、卸荷阀、顺序阀、压力继电器等。

2）流量控制阀的主要用途，是根据执行机构运动速度的要求供给所需的流量。它的主要品种有节流阀、调速阀及分流集流阀等。

3）方向控制阀控制油流的通、断或改变油流的方向，以控制执行机构的运动方向等。它的主要品种有单向阀、液控单向阀、电磁换向阀、电液换向阀、手动换向阀、多路换向阀、截止阀、转阀等。

以上三类阀还可以互相组合，成为复合阀，以减少管路的连接，使结构更为紧凑。

1.2　液压阀的基本参数

液压阀的基本参数包括液压阀的规格、工作压力范围、允许通过的流量等。

目前我国中低压液压阀的规格是以通过阀的公称流量来表示，高压阀大多用“公称通径”来表示。为了与连接管路的规格相对应，液压阀的公称通径采用管路公称通径的系列参数。管路的公称通径指管路的名义内径；液压阀的公称通径，指进出油口的名义尺寸，它并不是进出油口的实际尺寸。这是因为公称通径仅仅是为了决定阀规格的大小，而进出油口的实际尺寸却受油流速度及其他设计参数要求的限制，或受结构特点的影响。

液压阀的公称压力，表示液压阀在额定工作状态下的名义压力。

公称流量通常是指液压阀在额定工作状态下通过的名义流量。目前液压阀的流量指标规定了在能够保证正常工作的条件下所允许通过的最大流量值，同时给出了在各种不同流量通过时，有关性能参数改变的特性曲线，如通过流量与启闭灵敏度关系曲线，通过流量与压力损失关系曲线等。这样对使用者更为方便，同时，对于反映液压阀的工作特性也更为确切。

1.3　液压阀的选择

选择合适的液压阀，使液压传动系统的设计合理，性能优良，安装简便，维修容易，是保证该系统正常工作的重要条件。除按系统功能需要选择各种类型的液压控制阀以外，还需考虑额定压力、额定流量、安装型式、动作方式、性能特点等因素。

1）液压阀额定压力的选择：可根据系统设计的工作压力选择相应压力级的液压阀，并应使系统工作压力适当低于产品标明的额定压力值。高压系列的液压阀，一般都能适用于该额定压力以下的所有工作压力范围。当然，高压液压元件在额定压力条件下制订的某些技术指标，在不同工作压力情况下会有所不同，使有些指标会变得更好。

系统实际工作压力，如果稍高于液压阀所标明的额定压力值，一般来说，在短时期内也是允许的。但如果长期处在这种状态下工作，将会影响产品的正常寿命，也将影响某些性能指标。

2）液压阀流量参数的选择：可依产品标明的额定流量为根据。如果产品能提供通过不同流量时的有关性能曲线，则对元件的选择使用就更为方便了。

3）液压阀安装方式的选择：是指液压阀与系统管路或其他阀进出油口的连接形式。一般有四种：管式螺纹连接型、板式连接型、法兰连接型和螺纹插装型。安装方式的选择，要根据所选择的液压阀的规格、系统的简繁及布置特点而定。

螺纹连接型，是液压阀的各进出油口直接靠螺纹管接头与系统管道或其他阀的进出油口相连。适合系统较简单，元件较少，安装位置又较宽畅场合。

板式连接型是先将板式液压阀安装在专用的连接底板上，再在连接板的底面或侧面用螺纹管接头与外部管道相连。适合系统较复杂，元件较多，且安装位置较紧凑的场合。

法兰连接型一般用于大口径的阀，阀与管道之间用法兰连接。

螺纹插装型一般适合于要求结构紧凑、原理成熟及有一定批量的场合中使用。

4）液压阀控制方式的选择：有手动控制、机械控制、液压控制或电气控制等多种类型，可根据系统的操纵需要和电气系统的配置能力进行选择。如小型的和不常用的系统，工作压力的调整可直接靠人工调节溢流阀进行；如果溢流阀的安装位置离操作位置较远，直接调节不方便，则可加装远程调压阀，以进行远距离控制；如果液压泵启闭频繁，则可选择电磁溢流阀，以便采用电气控制，还可选择初始或中间位置能使液压泵卸荷的换向阀，以获得同样的要求。

在许多场合，采用电磁换向阀，容易与电气系统组合，以提高系统的自动化程度。而某些场合，为简化电气控制系统，并使操作简便，则宜选用手动换向阀等。

5）液压阀结构形式的选择：液压系统性能要求的不同，对所选择的液压阀的性能要求也不同，而许多性能又受到结构特点的影响，如用于保护系统的安全阀，要求反应灵敏，压力超调量小，以避免大的冲击压力，且能吸收换向阀换向时产生的冲击。这就必须选择能满足上述性能要求的元件。

对换向速度要求快的系统，一般选择交流型电磁铁的换向阀；反之，对换向速度要求慢的系统，则可选择直流型电磁铁的换向阀。

如液压系统中对阀芯复位和对中性能要求特别严格，可选择液压对中型结构。

如果一般的流量阀由于温度或压力的变化，而不能满足执行机构运动的精度要求时，则要选择带压力补偿装置或温度补偿装置的调速阀。

如使用液控单向阀，且反向出油背压较高，但控制压力又不可能提得很高的场合，则应选择外泄式或先导式结构。

6）经济性方面的选择：在满足工作要求的前提下，应尽可能地简化系统，降低造价，以提高主机的经济指标。

对一个液压系统的设计者来说，应对国内外液压阀的生产情况有较全面的了解，尤其是对国内液压阀的生产品种，各类液压阀的性能，新老产品的更换，同类产品的代用或改用等，才能在选择使用时更正确合理。

1.4　液压控制阀部分产品汇总（见表22.7-1）

表22.7-1　液压控制阀产品汇总表

类别		型　号	压力范围/MPa	额定流量/$L \cdot min^{-1}$	额定通径/mm	生产厂家	备　注
压力控制阀	溢流阀	DBD型直动式溢流阀	2.5～63	330	6～30	北京华德液压集团有限公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
		DB/DBW型先导式溢流阀	10～31.5	330	8～30		
		D系列直动式溢流阀 B系列直动式溢流阀 低噪声溢流阀	0.7～25 0.7～25 0.7～25	16 400 400		榆次油研液压公司	油研系列
		C-175型溢流阀	7～21	12	8	榆次液压件厂	威格士系列
		ECT/G-06/10型溢流阀	7～25	200～380	20、32		
		ECT/G5-06/10型电磁溢流阀					
		RF型直动式溢流阀 RF型先导式溢流阀 SRF型电磁溢流阀	7～25 7～25 7～25	2～16 100～400 100～400	3～6 10～32 10～32	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	
	减压阀	DR型先导式减压阀	10～31.5	80～300	8～32	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
		R系列减压阀及RC系列单向减压阀	～21	40～250	10、20、30	榆次油研液压公司	油研系列
		XCT/G-03/06/10型减压阀	7～20	26～284	10、20、30	榆次液压件厂	威格士系列
		PRV型减压阀 PRCV型单向减压阀	7～25	50～250	10、20、32	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	

（续）

类别		型号	压力范围/MPa	额定流量/L·min⁻¹	额定通径/mm	生产厂家	备注
压力控制阀	顺序阀	DZ型先导式顺序阀	0.3~21	150~450	10、25、32	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
压力控制阀	顺序阀	XF型直动式顺序阀和XDF型直动式单向顺序阀	0.5~32	20~300	10、20、30	榆次液压件厂 南通液压件厂	
压力控制阀	卸荷阀	DA/DAW型先导式卸荷溢流阀	8~31.5	40~250	10、25、32	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
压力控制阀	卸荷阀	EURT/G-06-10型卸荷溢流阀	7~21	75~246	20、32	榆次液压件厂	威格士系列
压力控制阀	卸荷阀	HUR型卸荷溢流阀 HSUR型电磁卸荷溢流阀	7~25	100~200	10、20	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	
压力控制阀	卸荷阀	HY型卸荷溢流阀	6~31.5	40~200	10、20、32	上海液压件二厂	
压力控制阀	平衡阀	FD型平衡阀	~31.5	80~560	12~32	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
压力控制阀	压力继电器	HED1型压力继电器	5~50			北京华德液压阀分公司 上海液压件二厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
压力控制阀	压力继电器	HED2型压力继电器	2.5~40			北京华德液压阀分公司 上海液压件二厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
压力控制阀	压力继电器	HED3型压力继电器	2.5~40			北京华德液压阀分公司 上海液压件二厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
压力控制阀	压力继电器	HED4型压力继电器	5~35			北京华德液压阀分公司 上海液压件二厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
压力控制阀	压力继电器	PS型机械式压力继电器	0.5~42			台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	
流量控制阀	节流阀	SR系列节流阀及SRC型单向节流阀	~25	30~230	10、20、30	榆次油研液压件公司	油研系列
流量控制阀	节流阀	MG型节流阀及MK型单向节流阀	~31.5	15~400	6~30	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
流量控制阀	节流阀	DV型节流截止阀和DRV型单向节流截止阀	35	14~375	6~30	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
流量控制阀	节流阀	TV型节流阀 TCV型单向节流阀	250	30~200	10、20、32	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	
流量控制阀	节流阀	FB型溢流节流阀	1~25	1~500	3、6、10		
流量控制阀	调速阀	2FRM型调速阀	10~31.5	15~160	5~16	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
流量控制阀	调速阀	MSA型调速阀	~21	160~300	30	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
流量控制阀	调速阀	2FRW型电磁调速阀	7~20	26~284	10、20、30	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
流量控制阀	调速阀	Z4S型流向调整板	~31.5	15~160	5~16	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
流量控制阀	调速阀	FCG-03型调速阀	~21	38~106	10(3/8)	榆次液压件厂	威格士系列
流量控制阀	调速阀	FRG-03型溢流节流阀	7~21	38~106	10(3/8)	榆次液压件厂	威格士系列
流量控制阀	分流集流阀	FJL型分流集流阀、 FL型分流阀 FDL型单向分流阀	~32	40~100	10~20	上海液压件二厂	
流量控制阀	分流集流阀	3FL型分流集流阀	7~32	23~63		四平液压件厂	
流量控制阀	分流集流阀	3FJLK型可调式分流集流阀	21	10~50		四平液压件厂	

（续）

类别		型　　号	压力范围 /MPa	额定流量 /L・min^{-1}	额定通径 /mm	生 产 厂 家	备　　注
方向控制阀	单向阀及液控单向阀	S 型单向阀	8～31	40～250	10、25、32	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
		CR 系列直角单向阀	7～21	75～246	20、32	榆次油研液压件公司	油研系列
		C 型单向阀	21	12～380	76～50	榆次液压件厂	威格士系列
		CP 系列液控单向阀	25	150～300	10、25	榆次油研液压件公司	油研系列
		SV/SL 型液控单向阀	～31.5	80～580	12～32	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
		4CT/G*-03/06/10 型液控单向阀	～21	45～284	10、20、32	榆次液压件厂	威格士系列
		PC(D)V 型液控单向阀	～25	60～450	10、20、32	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	
	电磁换向阀	WE 型电磁换向阀	21～31.5	14～75	5、6、10	北京华德液压阀分公司 上海立新液压件厂 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
		SE 型球式电磁换向阀	31.5～63	6～44	5～12		
		DSG 系列电磁换向阀	31.5(25)	40～120	6、10	榆次油研液压件公司	油研系列
		DG4V-3 型电磁换向阀	～35	18～38	6	榆次液压件厂	威格士系列
		DG4S4U-01 型电磁换向阀	～21	45～100			
		SW 型电磁换向阀	～25	40～100	6	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	
		QDF6 型球式电磁换向阀	31.5	16	6		
	电液换向阀	WEH 型电液换向阀	28～35	180～1100	16、25、32	北京华德液压阀分公司 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
		DSHG 系列电液换向阀	28～35	40～1100	10	榆次油研液压件公司	油研系列
	手动及行程换向阀	WMM 型手动换向阀	～32	40～100	6、10、16	北京华德液压阀分公司 沈阳液压件制造有限公司	力士乐系列
		DM 型手动换向阀	31.5(25,21)	200～1100	10、16	榆次油研液压件公司	油研系列
		S 型手动换向阀	～31.5	40～500	10～50	邵阳液压件厂	
		WM 型行程换向阀	～32	40～100	6、10	沈阳液压件制造有限公司 北京华德液压阀分公司	力士乐系列
		HD 型手动换向阀 DC 型机械式换向阀	～21 ～5	40～1100 30～100	6～20 6、10	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	
		DC 型凸轮操作换向阀	～21	20～100	6、10	榆次油研液压件公司	油研系列
	多路换向阀	ZFS 型多路换向阀	～14	30～130	10～25	榆次油研液压件公司	油研系列
		ZFS-L20H 型多路换向阀	～16	80	20	锦州液压件厂 大连液压件厂	
		ZS1 型多路换向阀	～16	40～160	10、15、20	锦州液压件厂 长江液压件厂	

（续）

类别		型　　号	压力范围/MPa	额定流量/L·min^{-1}	额定通径/mm	生 产 厂 家	备　　注
叠加阀	压力控制阀	ZDB 型溢流阀	~31.5	~100	6、10	北京华德液压工业集团公司	力士乐系列
		MB* 系列溢流阀	~25	~70	6、10	榆次油研有限公司	油研系列
		DGMC 型溢流阀	~31.5	~120		大连液压工业有限公司	威格士系列
		MRF 型溢流阀	~25	~300	6、10、16、20	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	HP 系列
		ZDR 型减压阀	~21	~50	6、10	北京华德液压工业集团公司	力士乐系列
		MR* 系列减压阀	~25	~250	6、10、20、32	榆次油研有限公司	油研系列
	方向控制阀	Z1S 型单向阀	~31.5	~100	6、10	北京华德液压工业集团公司	力士乐系列
		MC* 系列单向阀	~25	~70	6、10	榆次油研有限公司	油研系列
		DGMDC 型单向阀	~31.5	~120		大连液压工业有限公司	威格士系列
		MPC 型液控单向阀	~31.5	~300	6、10、16、20	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	HP 系列
		Z2S 型液控单向阀	~31.5	~360	6、10、16、22	北京华德液压工业集团公司	力士乐系列
		MP* 系列液控单向阀	~25	~250		榆次油研有限公司	油研系列
	流量阀	Z2FS 型单向节流阀	~31.5		6、10、16、22	北京华德液压工业集团公司	力士乐系列
		MST* 系列节流阀	~25	~250		榆次油研有限公司	油研系列
		DGMFN 型节流阀	~31.5	~120		大连液压工业有限公司	威格士系列
		MTC 型单向节流阀	~31.5	~300	6、10、16、20	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	HP 系列
		MFC 型单向调速阀	~25	~45	6、10	台湾涌镇(HP)实业股份有限公司	HP 系列
插装阀	螺纹插装阀	1AR 型溢流阀	~40	~150	~25	IH 公司(英国)	北京精海仪机电设备有限公司
		1PA 型减压阀	~35	~150	~25		
		2CR 型节流阀	~35	~30	~25		
		1PSC 型单向阀	~35	~150	~40		
		4CK 型单向阀	~35	~90	~25		
		S200(500)型电磁换向阀	~25	~300	~25		
		S270(570)型电磁换向阀	~21	~35	~15		
	二通盖板插装阀	K 系列插装阀	~31.5	~6300	10~100		
		L 系列插装阀	~31.5		16~160	北京华德液压工业集团公司	力士乐系列
		TJ 系列插装阀	~31.5	~16000	16~160	上海第704研究所	704 所系列
		Z 系列插装阀	~31.5	~6500	10~100	济南铸造锻压研究所	铸锻所系列

2　压力控制阀

控制油液压力高低的液压阀统称为压力控制阀。

压力控制阀按功能和用途可分为溢流阀(包括远程调压阀)、减压阀、顺序阀、压力继电器及压力表开关等。它们的共同特点是利用油液作用力与弹簧力相平衡的原理进行工作。溢流阀可与小型电磁换向阀组成电磁溢流阀，也可与单向阀组合成卸荷溢流阀；减压阀和顺序阀也可以与单向阀分别组合成单向减压阀和单向顺序阀等。

2.1　直动式溢流阀及远程调压阀

2.1.1　DBD 型直动式溢流阀

(1) 结构原理

图 22.7-1 是 DBD 型直动式溢流阀的结构原理

图22.7-1　DBD型直动式溢流阀结构原理图
a）至40MPa阀的结构　b）至63MPa阀的结构
1—调节螺杆　2—阀体　3—调压弹簧
4—偏流盘　5—锥阀　6—阻尼活塞

图，其图形符号如图22.7-2所示。进油口的压力油通过阻尼活塞作用在其底部，形成了一个与弹簧力相抗衡的液压力。当此液压力小于调压弹簧的弹簧力时，锥阀关闭，此阀不起调压作用。随着进油口压力的不断提高，当液压力大于弹簧力时，锥阀开启，多余的油液溢回油箱，使进油口压力稳定在调定值上。

阻尼活塞的作用：一是在锥阀开启或闭合时起阻尼作用，用来提高阀的调压稳定性；二是对锥阀起导向作用，以提高阀的密封性能。

偏流盘的作用：偏流盘上开有环形槽，用以改变锥阀出油口的液流方向，于是偏流盘受到了一个液动力，此液动力与弹簧力的作用方向相反，并随溢流量的增加而增大。当溢流量增加时，由于锥阀开口增大，引起弹簧力增加。但由于液动力也同时增加，结果抵消了弹簧力的增量。因此这种阀的进口压力不受流量变化的影响，其 p-q 特性曲线比较理想，启闭特性好，有利于提高阀的额定流量。

图22.7-2　直动式溢流阀图形符号

（2）型号说明

（3）技术规格及特性曲线（见表22.7-2）

DBD				10	/	*

调节方式
带保护罩的调节螺栓　　=S
调节手柄　　=H
带锁的调节手柄（只用于通径6.8和10）=A

连接方式	G	K	P
G1/4（M14×1.5）	6	6	6
G3/8（M18×1.5）	8		
G1/2（M22×1.5）	10	10	10
G3/4（M27×2）	15		
G1（M33×2）	20	20	20
G1¼（M42×2）	25		
G1½（M48×2）	30	30	30

通径

连接方式：插入式阀=K
管式阀=G
板式阀=P

附加说明

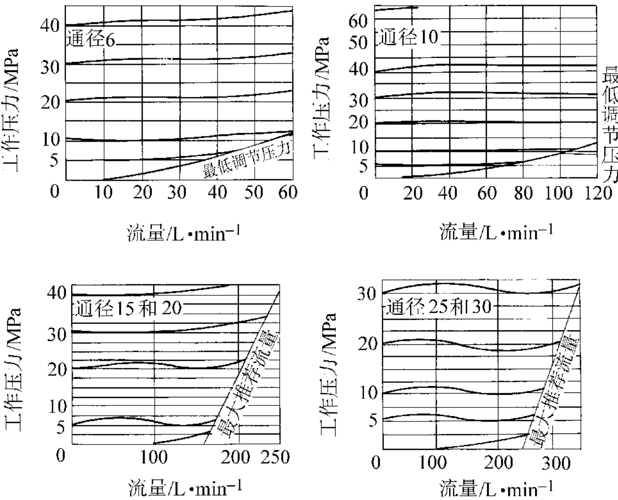
	NG10	NG6至20	NG25和30
	2.5	2.5	2.5
	5.0	5.0	5.0
	10	10	10
	20	20	20
	31.5	31.5	31.5
	40	40	
压力级（MPa）	63		

系列数：10=10系列（10～19系列内部结构和连接尺寸相同）

表22.7-2　技术规格及特性曲线

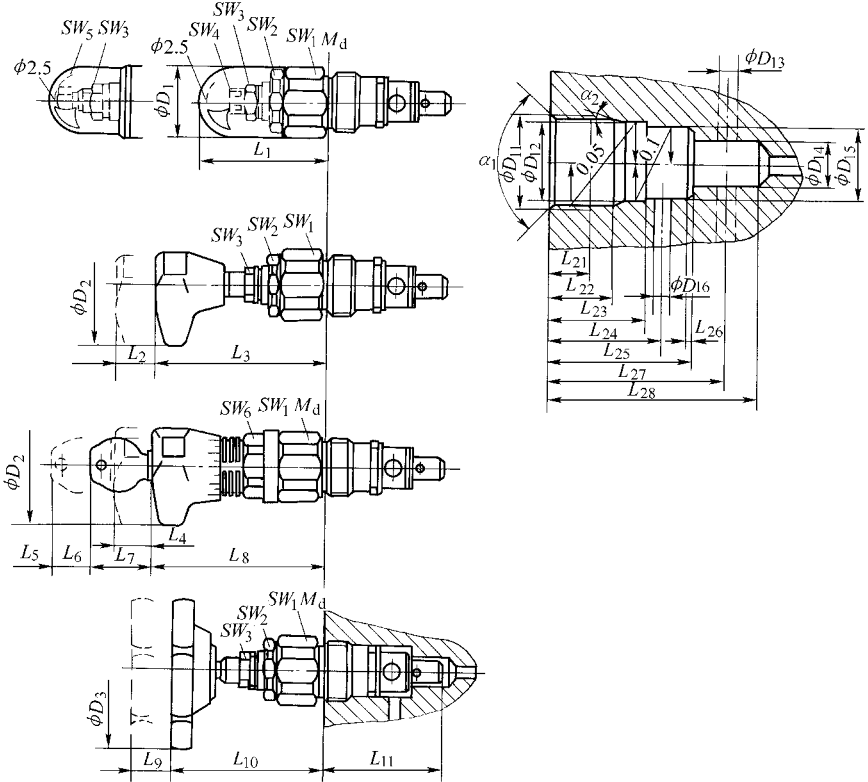
介　质	矿物质液压油	通径/mm 工作压力	10	6～20	25，30
介质粘度范围/$mm^2\cdot s^{-1}$	2.8～380	进油口/MPa	～63	～40	～31.5
介质温度范围/℃	-20～70	出油口/MPa	～31.5		

（续）



（4）外形尺寸（见表22.7-3～表22.7-5）

表22.7-3 插入式连接外形尺寸（mm）



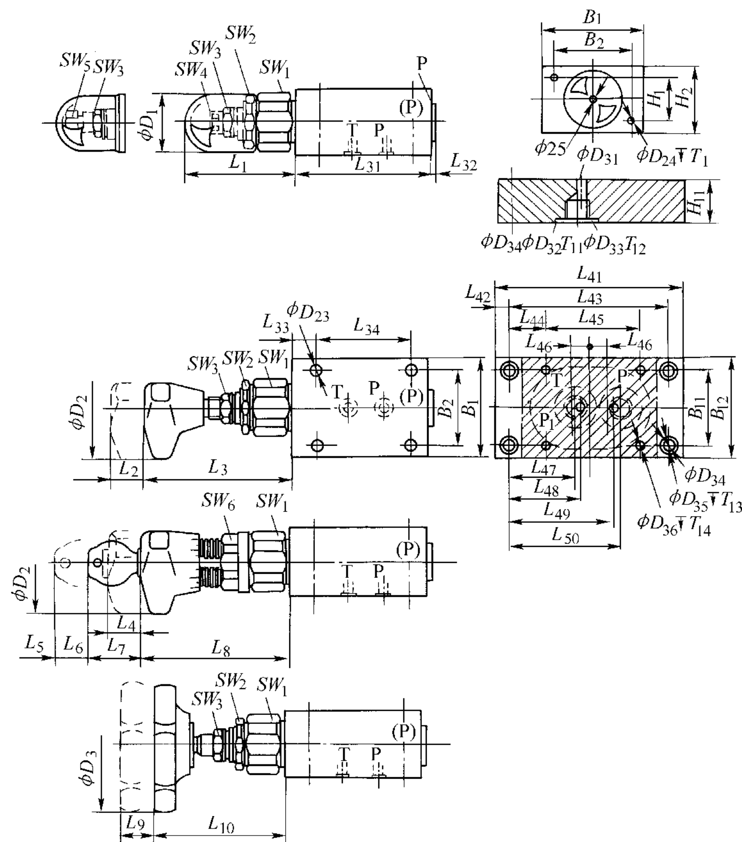
（续）

通径	重量/kg	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9
6	≈0.4	34			72		83	11	20	11	30	83	
10	≈0.5	38	60	—	68	11	79					79	—
20	≈1	48			65		77	—	—	—	—	—	
30	≈2.2	63	—	80	83	—	—						11

通径	L_{10}	L_{11}	M_d/N·m	ϕD_{11}	ϕD_{12}	ϕD_{13}	ϕD_{14}	ϕD_{15}	ϕD_{16}	L_{21}	L_{22}	L_{23}	L_{24}
6		64	≈120	M28×1.5	25H9	6	15	24.9	6	15	19	30	35
10	—	75	≈140	M35×1.5	32H9	10	18.5	31.9	10	18	23	35	41
20		106	≈170	M45×1.5	40H9	20	24	39.9	20	21	27	45	54
30	56	131	≈200	M60×2	55H9	30	38.75	54.9	30	23	29		60

通径	L_{25}	L_{26}	L_{27}	L_{28}	α_1	α_2	SW_1	SW_2	SW_3	SW_4	SW_5	SW_6
6	45		56.5±5.5	65		15°	32	30				30
10	52	0.5×	67.5±7.5	80	90°		36		19	6	—	
20	70	45°	91.5±8.5	110		20°	46	36				—
30	84		113.5±11.5	140			60	46		—	13	

表 22.7-4　板式连接外形尺寸　（mm）



通径	重量/kg	B_1	B_2	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	ϕD_{23}	ϕD_{24}	H_1	H_2	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9
6	≈1.5	60	45	34	60		6.6	M6	25	40	72		83	11	20		30	83	
(8)，10	≈3.7	80	60	38		—	9	M8	40	60	68	11	78			11		79	—
(15)，20	≈6.4	100	70	48	—				50	70	65		77	—	—		—	—	
(25)，30	≈13.9	130	100	63		80	11	M10	60	90	89	—	—						11

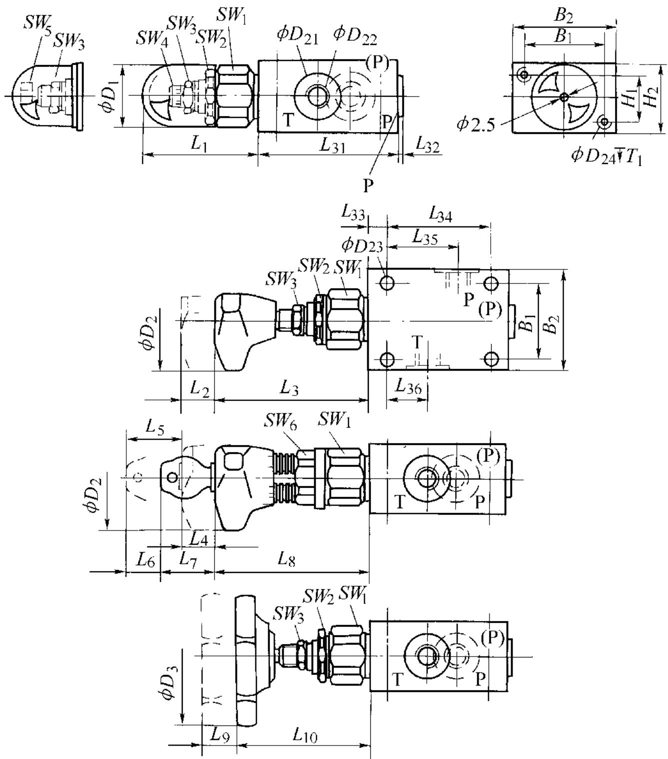
（续）

通径	重量/kg	L_{10}	L_{31}	L_{32}	L_{33}	L_{34}	SW_1	SW_2	SW_3	SW_4	SW_5	SW_6	T_1
6	≈1.5	—	80	2	15	55	32	30	19	6	—	30	10
(8), 10	≈3.7		100	(2), 3	20	70	36						20
(15), 20	≈6.4		135	(3), 4		100	46	36				—	
(25), 30	≈13.9	56	181	4	25	180	60	46		—	13		25

通径	型号	重量/kg	B_{11}	B_{12}	ϕD_{31}	ϕD_{32}	ϕD_{33}	ϕD_{34}	ϕD_{35}	ϕD_{36}
6	G300/1	1.5	46	60	6	25	G¼″	7	11	M6
(8), 10	(G301/1), G302/1	2	60	80	10	(28), 34	(G⅜″), G½″			M8
(15), 20	(G303/1), G304/1	5.5	70	100	(15), 20	(42), 47	(G¾″), G1″	11.5	17.5	
(25), 30	(G305/1), G306/1	8	100	130	30	(56), 61	(G1¼″), G1½″			M10

通径	H_{11}	L_{41}	L_{42}	L_{43}	L_{44}	L_{45}	L_{46}	L_{47}	L_{48}	L_{49}	L_{50}	T_{11}	T_{12}
6	25	110	8	94	22	55	10	39	42	62	65	1	15
(8), 10		135	10	115	27.5	70		40.5	48.5	72.5	80.5		(15), 16
(15), 20	40	170	15	140	20	100	20	(45), 42	54	85	(94), 97		20
(25), 30		190	12.5	165	17.5	130	22.5	42	52.5	102.5	(113), 117		24

表 22.7-5 管式连接外形尺寸 （mm）



通径	重量/kg	B_1	B_2	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	ϕD_{21}	ϕD_{22}		ϕD_{23}	ϕD_{24}
6	≈1.5	45	60	34	60	—	25	G¼	M14×1.5	6.6	M6
(8), 10	≈3.7	60	80	38			(28)34	(G⅜)G½	(M18×1.5)M22×1.5	9	M8
(15), 20	≈6.4	70	100	48			(42)47	(G¾)G1	(M27×2)M33×2		
(25), 30	≈13.9	100	130	63	—	80	(56)61	(G1¼) G1½	(M42×2)M48×2	11	M10

（续）

通径	H_1	H_2	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8
6	25	40	72		83	11	20			83
(8)，10	40	60	88	11	79			11	30	79
(15)，20	50	70	65		77					77
(25)，30	60	90	83	—	—			—	—	—

通径	L_9	L_{10}	L_{31}	L_{32}	L_{33}	L_{34}	L_{35}	L_{36}	T_1	SW_1	SW_2	SW_3	SW_4	SW_5	SW_6
6			80	2	15	55	40	20	10	32	30				30
(8)，10	—	—	100	(2)3	20	70	49	21	20	36		19	6	—	
(15)，20			135	(3)4		100	65	34		46	36				—
(25)，30	11	56	180	4	25	130	85	35	25	60	46		—	13	

2.1.2　DBT/DBWT 型遥控溢流阀

（1）结构原理

图 22.7-3 是 DBT 型遥控溢流阀的结构原理图。锥阀靠弹簧力固定在阀座上，通过调节机构调整弹簧来无级调节压力。压力油从 P 口进入阀内，作用在锥阀上，当达到调定压力时，压力油克服弹簧力将锥阀抬起，压力油流向 T 口。

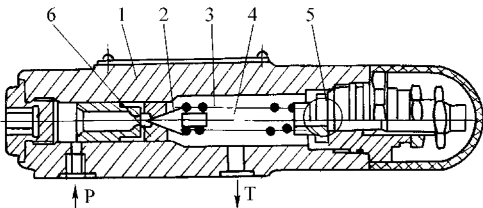


图 22.7-3　DBT 型遥控溢流阀结构原理图
1—阀体　2—锥阀　3—调压弹簧
4—弹簧腔　5—控制回油路　6—阀座

图 22.7-4 是 DBWT 型遥控溢流阀的结构原理图。它借助于电磁换向阀实现卸荷作用。

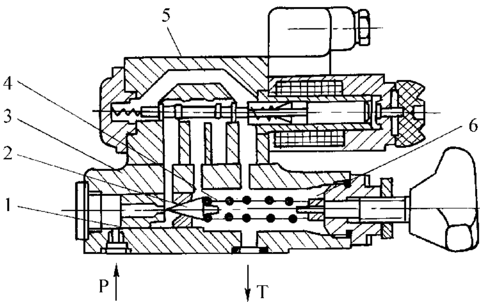


图 22.7-4　DBWT 型遥控溢流阀结构原理图
1—进油通道　2—锥阀　3—阀体　4—调压弹簧
5—电磁换向阀　6—弹簧腔

（2）型号说明

（3）技术规格(见表 23.7-6)

DB□ T□ □ - 30 / □ □ □ □ □ □

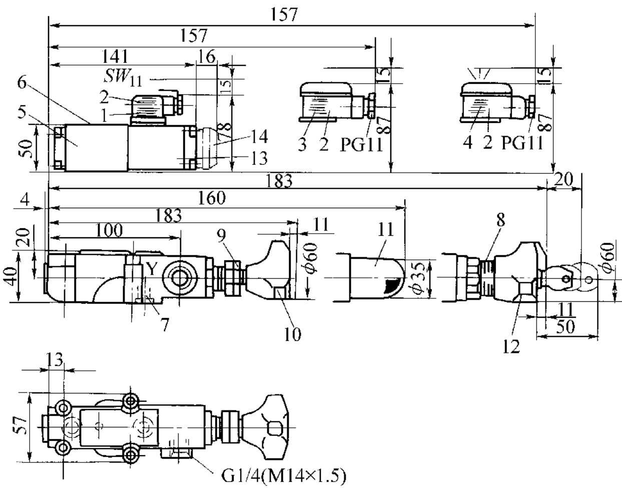
- 带电磁铁换向阀：W；不带电磁铁换向阀：无标记
- 电磁换向阀机能：A—常闭；B—常开
- 调节方式：1—调节手柄；2—带保护罩调节螺栓；3—带锁紧手柄
- 系列号：30 系列(30～39 系列连接尺寸和内部结构不变)
- 调压范围/MPa：1～10MPa；3.15～31.5MPa
- 电磁铁电源：W220-50—交流电源 220V，50Hz；G24—直流电源 24V；W220—R 本整型电磁铁交流 220V
- 故障显示：无标记—不带故障显示按钮；N—带故障显示按钮
- Z4—小方形电线插头；Z5—大方形电线插头；Z5L—带指示灯的电线插头
- 介质：无标记—矿物油型液压油　V—磷酸酯液压液
- 附加说明

表 22.7-6　技术规格

型　　号	最大流量/L·min⁻¹	工作压力/MPa	背压/MPa	最高调节压力/MPa
DBT	3	31.5	～31.5	10、31.5
DBWT	3	31.5	交流，～10　直流，～16	10、31.5

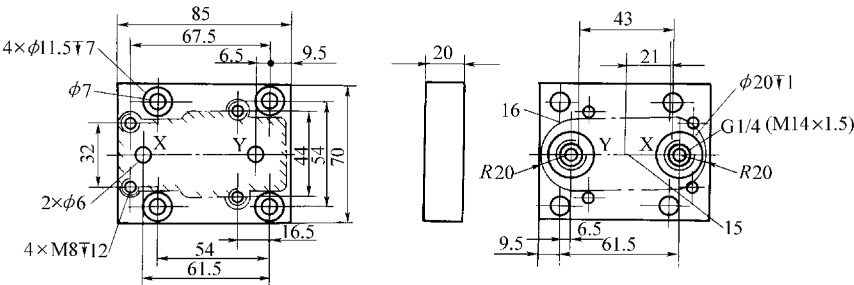
（4）外形尺寸(见表22.7-7)

表22.7-7　DBT/DBWT型遥控溢流阀外形尺寸及安装底板　　　（mm）



1—“Z4”型插头　2—插头颜色：灰色　3—“Z5”型插头　4—“Z5L”型插头　5—5通径电磁阀
6—标牌　7—控制油外排口Y　8—刻度套　9—螺母（只用于31.5MPa）　10—调节方式“1”
11—调节方式“2”　12—调节方式“3”　13—电磁铁“a”　14—故障检查按钮

型　　号	阀的固定螺栓必须单独外购	扭矩/N·m	重量/kg
G51/1	4×M8×40GB/T 70.1	31	1

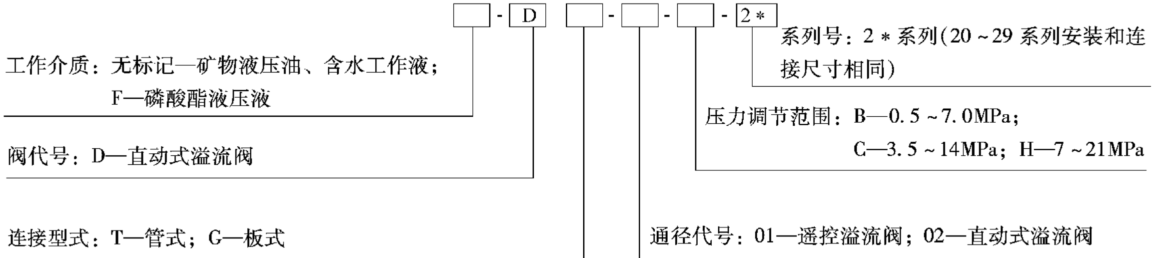


15—安装连接板的切口轮廓中心点　16—安装连接板的切口轮廓

2.1.3　D型直动式溢流阀、遥控溢流阀

D型直动式溢流阀用于防止系统压力过载和保持系统压力恒定；遥控溢流阀主要用于先导型压力阀的远程压力调节。

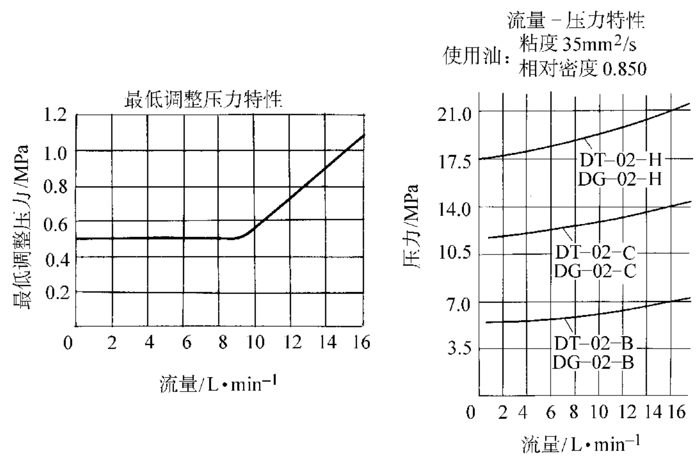
（1）型号说明



（2）技术规格及特性曲线(见表22.7-8)

表 22.7-8　技术规格及特性曲线

名　　称	通径/in	型号	最大工作压力/MPa	最大流量/L · min⁻¹	调压范围/MPa	重量/kg
遥控溢流阀	1/8	DT-01-22 DG-01-22	25	2	0.5～2.5	1.6 1.4
直动式溢流阀	1/4	DT-02-＊-22 DG-02-＊-22	21	16	B：0.5～7.0 G：3.5～14.0 H：7.0～21	1.5 1.5



特性曲线在液压油粘度 35mm²/s，密度 850kg/m³ 下测得

（3）外形尺寸（见图 22.7-5、图 22.7-6）

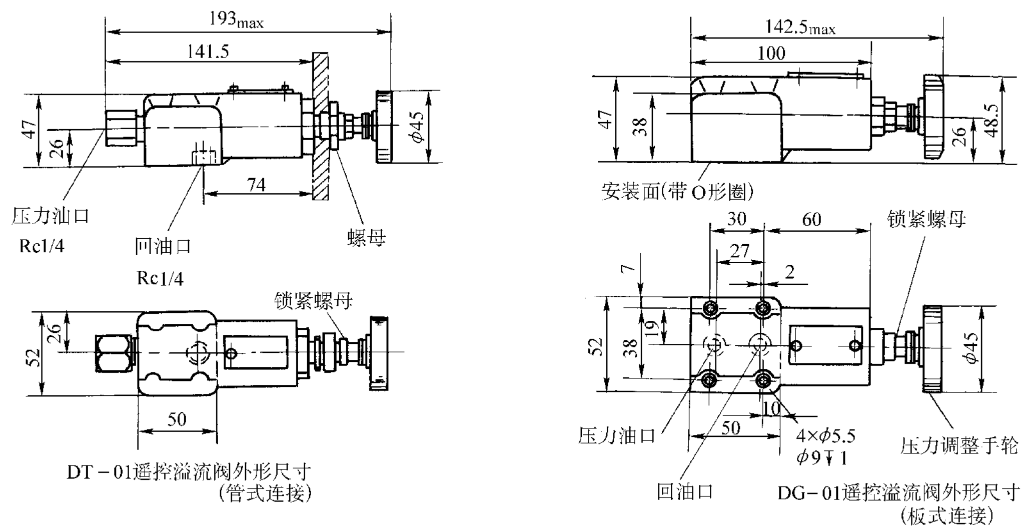


图 22.7-5　D 型遥控溢流阀、直动式溢流阀外形尺寸

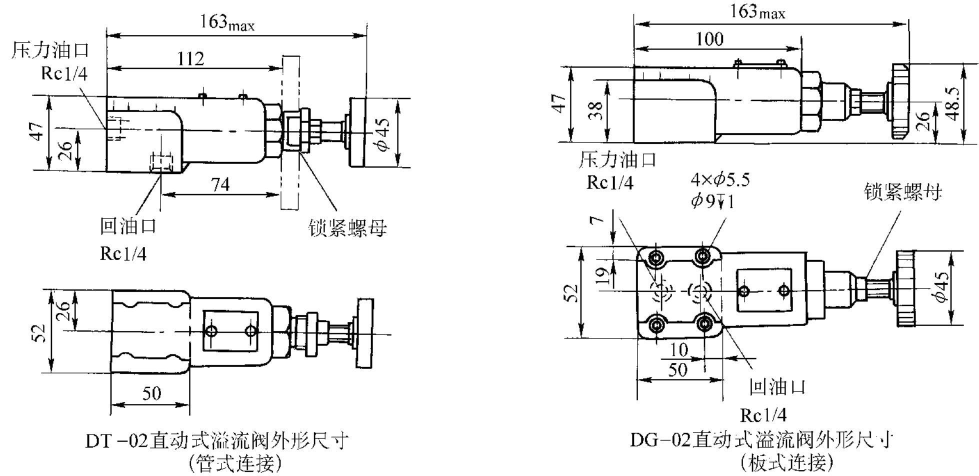


图22.7-5　D型遥控溢流阀、直动式溢流阀外形尺寸(续)

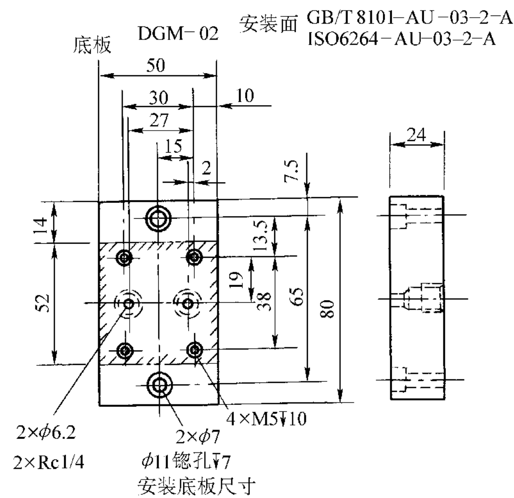


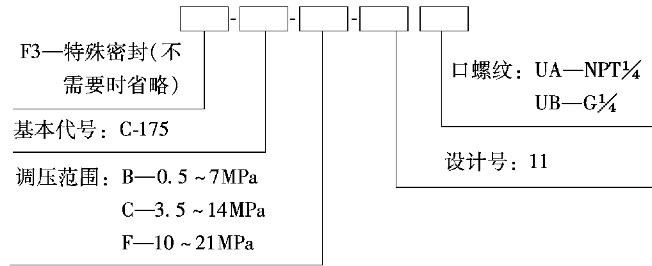
图22.7-6　D型溢流阀底板外形尺寸

2.1.4　C型直动式溢流阀及CGR型遥控溢流阀

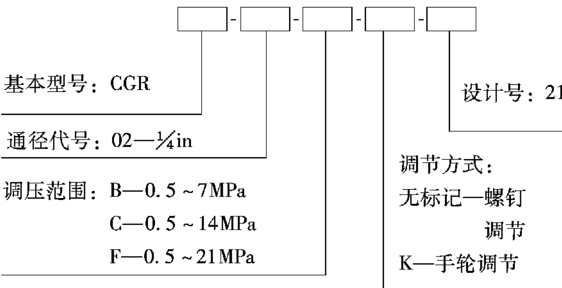
C型直动式溢流阀主要用于防止系统压力过载及保持液压系统的压力恒定；CGR型遥控溢流阀主要用于先导型压力阀的远程压力调节。

(1) 型号说明

C-175型：



CGR 型：



（2）技术规格(见表 22.7-9)

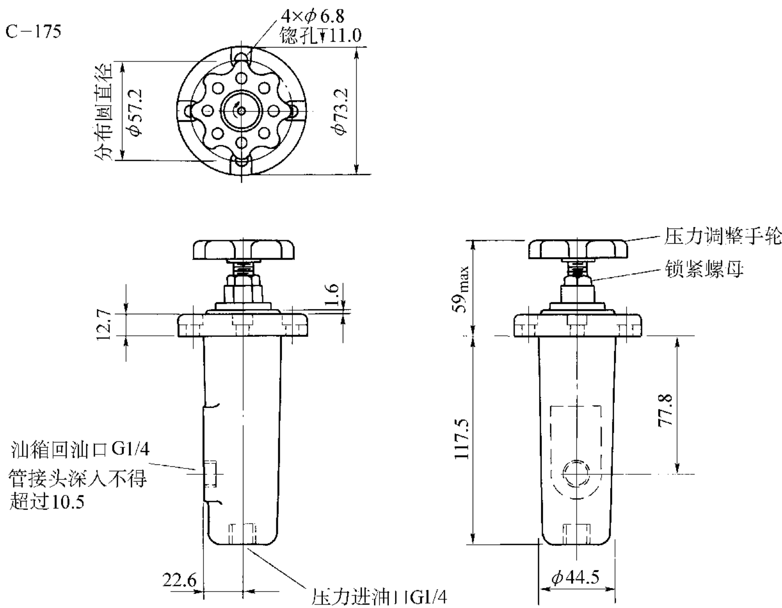
表 22.7-9　技术规格

通径/in	型号	调压范围/MPa			最大流量/L·min⁻¹	介质	介质粘度/m²·s⁻¹	介质温度	重量/kg
		B	C	F					
1/4	C175	0.5～7	3.5～14	10～21	12	矿物液压油 磷酸酯液压液 高水基液压液	$(13\sim860)\times10^{-6}$	矿物油　−20～80℃	1.6
	CGR-02	0.5～7	0.5～14	0.5～21	4			高水基液　10～54℃	1.3

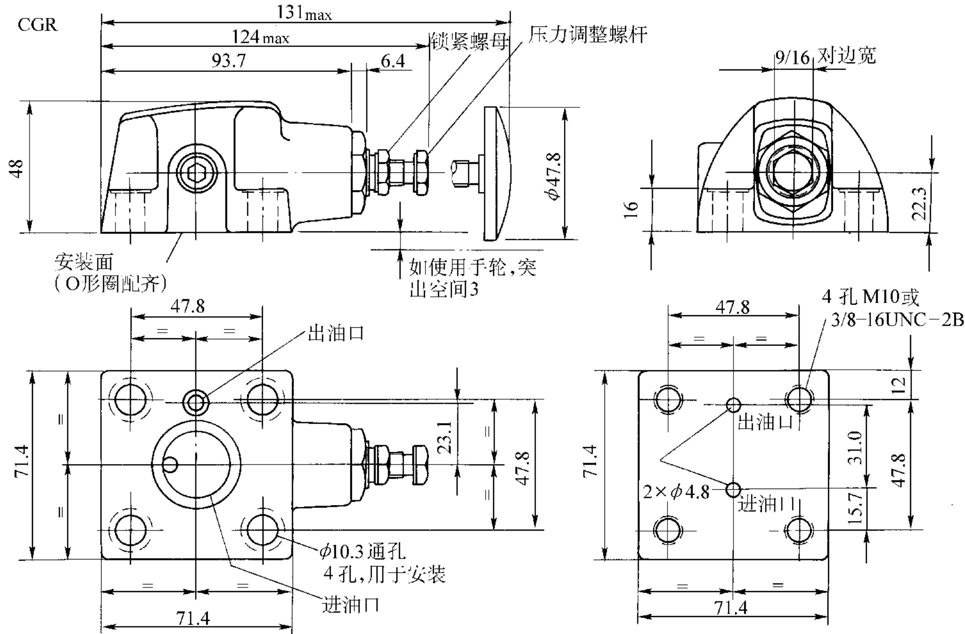
注：生产厂家：榆次液压件厂(威格士系列)。

（3）外形尺寸(见表 22.7-10)

表 22.7-10　外形尺寸



（续）

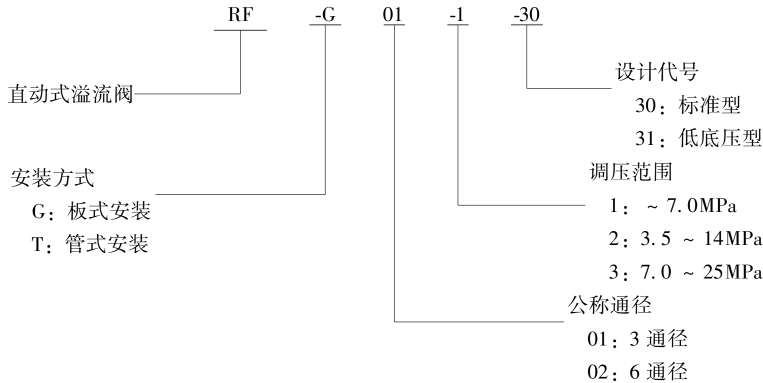


2.1.5 RF 型直动式溢流阀

RF-G01 系列远程控制溢流阀，用于连接到远程控制的压力阀控制口，进行远程控制，同时也可进行两级或三级压力控制。

RF-G02 系列直动式溢流阀则用于小流量回路的最高压力调节，或作安全阀。

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.7-11）

表 22.7-11 技术规格

型 号	最高压力/MPa	最大流量/L·min^{-1}	调压范围/MPa	重量/kg	
				管式安装型	板式安装型
RF-G/T01-**	25	2	1：~7 2：3.5~14 3：7.0~25	1.6	1.4
RF-G/T02-**		16		1.5	1.5

注：生产厂：台湾涌镇实业股份有限公司。

（3）特性曲线（见图 22.7-7、图 22.7-8）

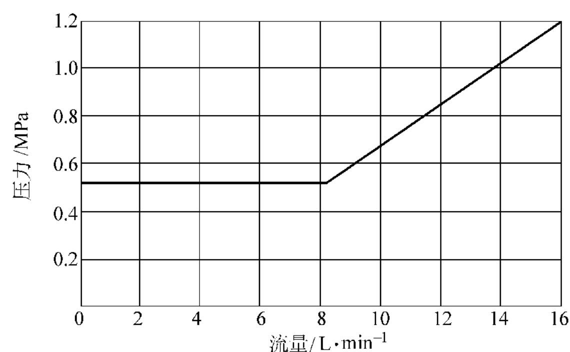


图 22.7-7　最小调整压力特性曲线

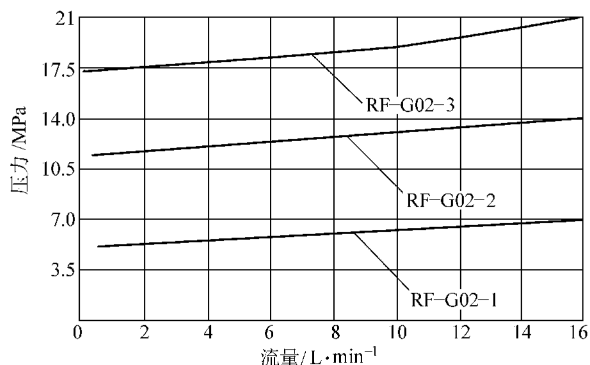
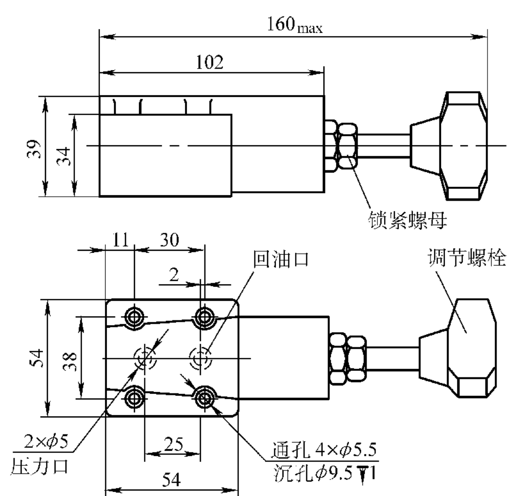
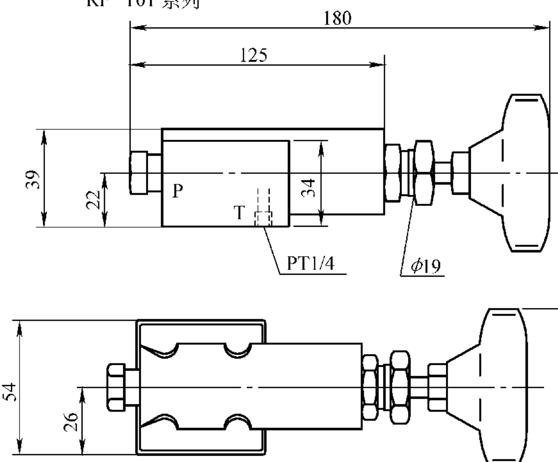
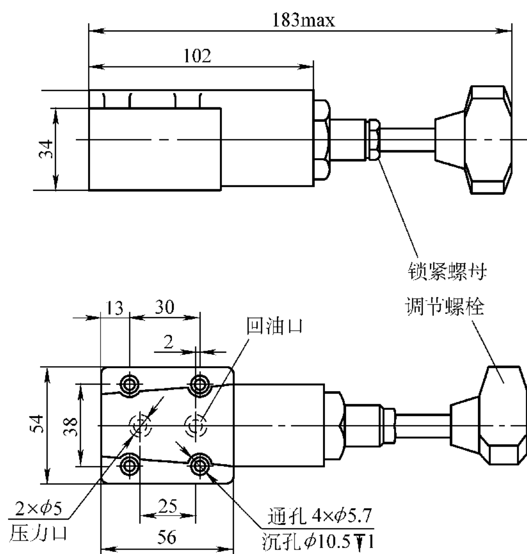


图 22.7-8　流量-压力特性曲线

（4）外形尺寸(见图 22.7-9)







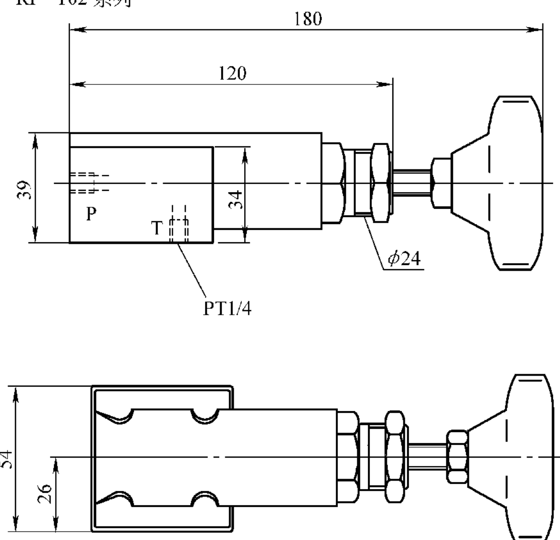


图 22.7-9　RF 型直动式溢流阀外形尺寸

2.2 先导式溢流阀、电磁溢流阀

2.2.1 DB/DBW 型先导式溢流阀、电磁溢流阀(5X 系列)

(1) 结构原理

图 22.7-10 是 DB 型先导式溢流阀的结构原理图。DB 型阀是先导控制式的溢流阀，用来控制液压系统的压力，主要由先导阀和主阀组成。其图形符号见表 22.7-12。

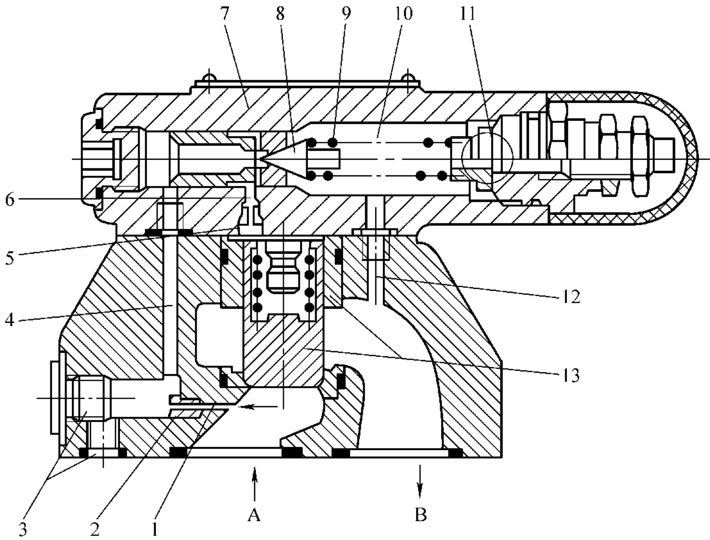


图 22.7-10 DB 型先导式溢流阀结构原理图
1、4、6—控制油道 2、5—阻尼器 3—外供油口 7—先导阀
8—锥阀 9—调压弹簧 10—弹簧腔 11、12—控制回油道 13—主阀芯

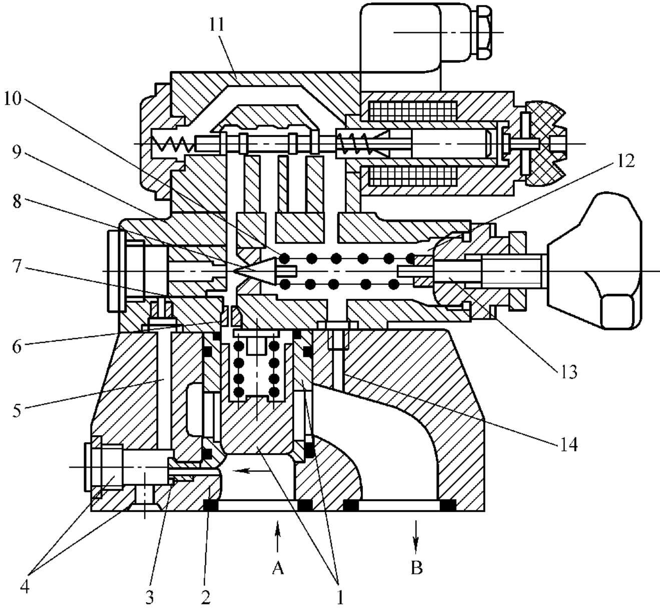


图 22.7-11 DBW 型先导式电磁溢流阀结构原理图
1—主阀芯 2、5、7—控制油道 3、6—阻尼器 4—外供油口 8—锥阀
9—先导阀 10—调压弹簧 11—电磁换向阀 12—弹簧腔 13、14—控制回油道

DB 型先导式溢流阀的工作原理：A 腔的压力油在作用于主阀芯 13 下端的同时，通过阻尼器 2、5 和控制油道 1、4、6 作用在主阀芯上端和先导阀 7 的锥阀 8 上。当系统压力超过弹簧 9 的调定值时，锥阀 8 被打开。同时主阀芯上端的压力油通过阻尼器 5，控制油道 6，弹簧腔 10 及控制回油道 12 流回 B 腔（控制油内排型），或通过外排油口 11 流回油箱（控制油外排型）。这样，由于压力油通过阻尼器 2、5，在主阀芯 13 上产生了一个压力差，主阀芯在这个压差的作用下打开，压力油从 A 腔溢流到 B 腔，从而使 A 腔保持调定的工作压力。

图 22.7-11 是 DBW 型先导式电磁溢流阀的结构原理图。DBW 型阀是先导控制式的电磁溢流阀，除控制液压系统的压力外，还能使系统卸荷，主要由电磁换向阀、先导阀和主阀组成。

DBW 型先导式电磁溢流阀的工作原理：此阀调压原理与 DB 型阀相同。当用该阀使系统卸荷时，可通过安装在先导阀上的电磁换向阀 11，使主阀芯 1 上腔与 B 腔相通（控制油内排型），或与外排口 13 相通（控制油外排型），这样 A 腔油液只需很小的压力，就能把主阀芯抬起最大高度，使 A 腔与 B 腔相通，实现系统低压卸荷。

DB/DBW 型阀均设有控制油内部供油道和内部排油道；控制油外供口（X）和外排口（Y）。根据控制油供给和排出的方式不同，可以组合成内供内排、外供内排、内供外排和外供外排四种型式以适应于各种不同要求的系统。

表 22.7-12　图形符号

型号：DB…–…	型号：DB..X…	型号：DB..Y…	型号：DB..XY…
A B	A B X	A B Y	A B X Y

（2）型号说明

DB □ □ □ □ □ - □ / □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

- 无符号—不带换向阀；W—带换向阀
- 先导式阀：无符号；先导式不带主阀芯插装件（不注明规格）：C；先导式不带主阀芯插装件（注明阀规格 DB10 或 30）：C
- 通径：

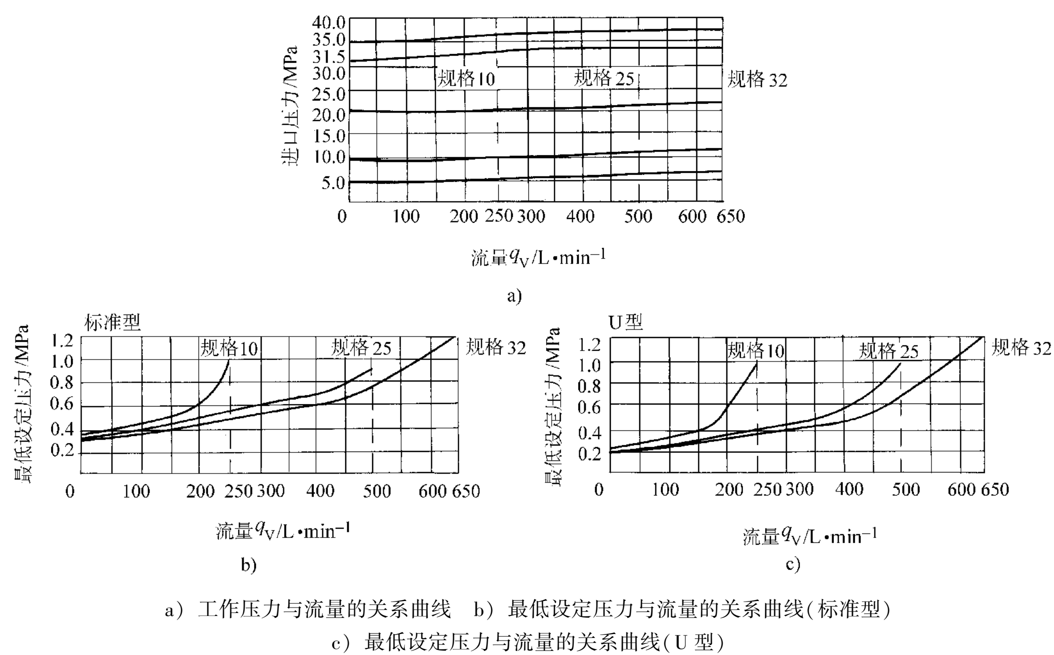
规格	阀适用于			
	底板安装 无标记	螺纹连接 G		
		订货型号		
10	10	10	G½	M22×15
15		15	G¾	M27×2
20	20	20	G1	M33×2
25		25	G1¼	M42×2
32	30	32	G1½	M48×2

- A—常闭；B—常开
- 无标记—底板安装；G—螺纹连接
- 调节装置：1—手轮；2—带外六角和保护罩的设定螺钉；3—带锁手柄
- 5X—50～59 系列（50～59 安装和连接尺寸保持不变）
- 设定压力：0.5—5.0MPa；1.0—10.0MPa；2.0—20.0MPa；3.15—31.5MPa；3.5—35.0MPa（只有 DB 型）
- 无标记—内控内排；X—外控内排；Y—内控外排；XY—外控外排
- 无符号—标准型；U—最低设定压力见工作曲线
- 无符号—不带换向阀；6A—带 6 通径换向阀；6B—带 6 通径换向阀（高性能电磁铁），仅用于 35MPa 压力级
- W220—50—交流 220V，50Hz；G24—直流 24V；W220R—220V 直流电磁铁，带内装整流器与频率无关（电压≥110V，仅用 Z5 插头）
- 无符号—不带应急操纵按钮；N—带应急操纵按钮
- Z4—直角插头；Z5—大号直角插头；Z5L—大号直角插头带指示灯
- 无标记—丁腈橡胶，适合矿物油（DIN51524）；V—氟橡胶，适合于磷酸酯液
- 其他细节用文字说明

（3）技术规格及特性曲线（见表 22.7-13）

表 22.7-13 技术规格及特性曲线

通径/mm			10	15	20	25	32
最大流量/L·min⁻¹	板式		250	—	500	650	
	管式		250	500	500	500	650
工作压力油口 A、B、X/MPa			≤35.0				
背压/MPa	DB		≤31.5				
	DBW 6A（标准电磁铁）		交流：10 直流：16				
	DBW 6B（大功率电磁铁）		交（直）流：16				
调节压力/MPa	最低		与流量有关，见特性曲线				
	最高		5、10、20、31.5、35				
过滤精度			NAS1638 9级				
重量 kg	板式	DB	2.6	—	3.5	—	4.4
		DBW	3.8	—	4.7	—	5.6
	管式	DB	5.3	5.2	5.1	5.0	4.8
		DBW	6.5	6.4	6.3	6.2	6.0



a）工作压力与流量的关系曲线 b）最低设定压力与流量的关系曲线（标准型）
c）最低设定压力与流量的关系曲线（U 型）

（4）外形尺寸（见表 22.7-14～表 22.7-16）

表 22.7-14　DB/DBW-5X 系列先导式溢流阀外形尺寸(板式连接)　　(mm)

型　　号	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
DB/DBW10	91	53.8	22.1	27.5	22.1	47.5
DB/DBW20	116	66.7	33.4	33.3	11.1	55.6
DB/DBW30	147.5	88.9	44.5	41	12.7	76.2

型　　号	L_7	L_8	L_9	B_1	B_2	ϕD_1
DB/DBW10	0	25.5	2	78	53.8	14
DB/DBW20	23.8	22.8	10.5	100	70	18
DB/DBW30	31.8	20	21	115	82.6	20

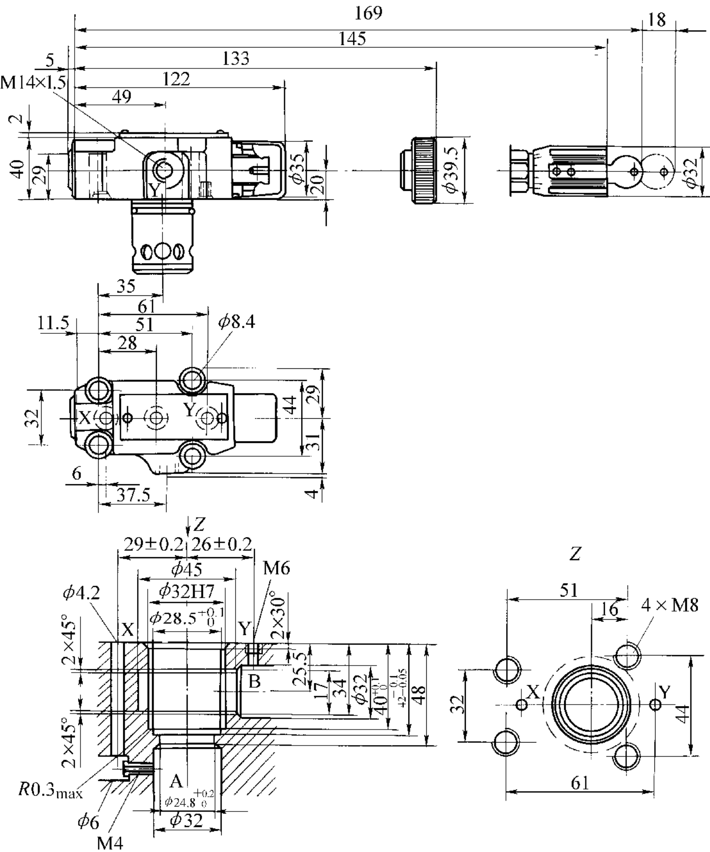
型　　号	油口 A、B	油口 Y
DB/DBW10	17.12×2.62	9.25×1.78
DB/DBW20	28.17×3.53	9.25×1.78
DB/DBW30	34.52×3.53	9.25×1.78

表 22.7-15　DB/DBW-5X 系列先导式溢流阀外形尺寸(管式连接)　　(mm)

（续）

型　　号	D_1	ϕD_2	T_1
DB(DBW)10G	G½(M22×1.5)	34	14
DB(DBW)15G	G¾(M27×2)	42	16
DB(DBW)20G	G1(M33×2)	47	18
DB(DBW)25G	G1¼(M42×2)	58	20
DB(DBW)32G	G1½(M48×2)	65	22

表 22.7-16　DB/DBW-5X 系列先导式换向阀外形尺寸(插入式连接)



2.2.2　B 型先导式溢流阀

B 型先导式溢流阀用于防止系统压力过载及控制系统压力，还可通过遥控口进行遥控及卸荷。

(1) 型号说明

(2) 技术规格(见表 22.7-17)

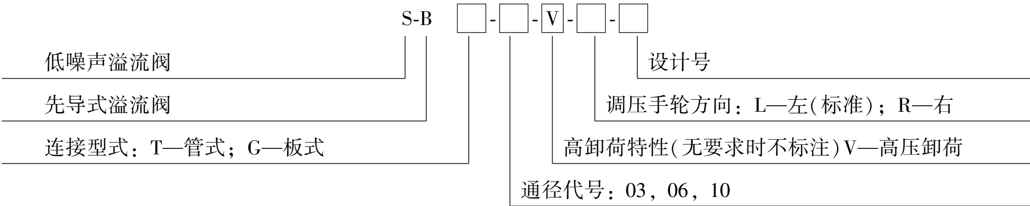


表 22.7-17　技术规格

名　称	公称通径/in	型　号	调压范围/MPa	最大流量/L·min⁻¹	重量/kg
先导式溢流阀	⅜	BT-03-※-32 BG-03-※-32	0.5～25.0	100	5.0 4.7
	¾	BT-06-※-32 BG-06-※-32		200	5.0 5.6
	1¼	BT-10-※-32 BG-10-※-32		400	8.5 8.7
低噪声溢流阀	⅜	S-BG-03-※-L-40	0.4～25.0	100	4.1
	¾	S-BG-06-※-L-40		200	5.0
	1¼	S-BG-10-※-40		400	10.5

（3）外形尺寸（见图 22.7-12～图 22.7-13，表 22.7-18～表 22.7-21）

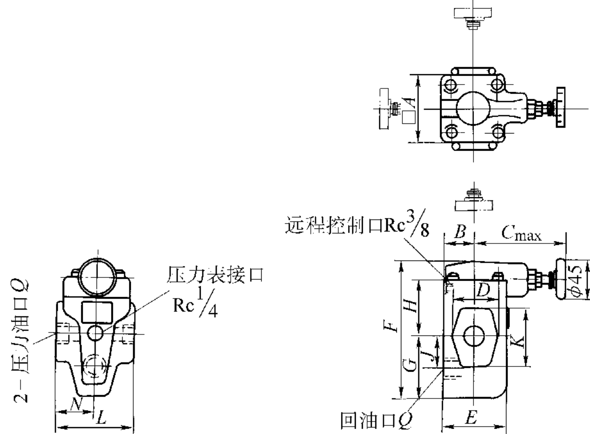


图 22.7-12　BT 型先导式溢流阀外形尺寸图

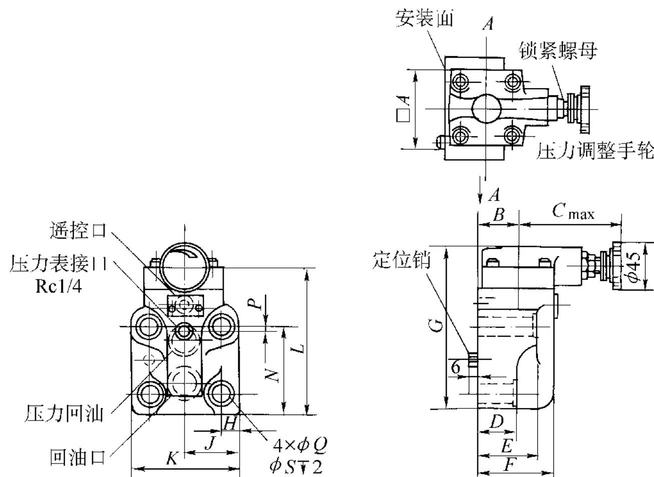


图 22.7-13　BG 型先导式溢流阀外形尺寸图

表 22.7-18　BT 型先导式溢流阀外形尺寸表　（mm）

型　号	A	B	C_{max}	D	E	F	G	H	J	K	L	N	Q
BT-03	75	40	105	52	78	150.5	68.5	62	36	65	90	45	Rc⅜
BT-06													Rc¾
BT-10	85	50	101	80	96	183	89	74	49	80	120	60	Rc1¼

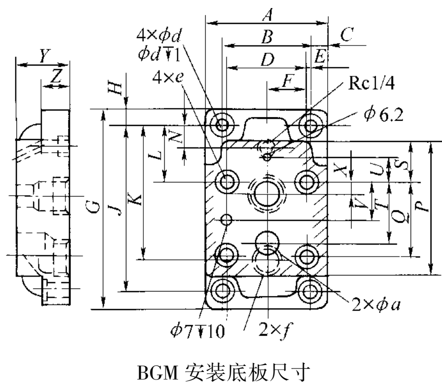
表 22.7-19　BG 型先导式溢流阀外形尺寸表　　（mm）

型　号	A	B	C_{max}	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	Q	S
BG-03	75	40	105	57	78	78	137	14.1	41	82	117	77	22	13.5	21
BG-06	75	40	105	40	60	78	161	17	52	104	141	83.5	4.5	17.5	26
BG-10	85	45	101	47	67	87.5	195	20.7	62	124	175	110	6	21.5	32

表 22.7-20　BG 型先导式溢流阀连接底板尺寸　　（mm）

型号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	Q
BGM-03	86	60	13	53.8	3.1	26.9	149	13	123	86	32	26	97	53.8
BGM-03X										95		21		
BGM-06	108	78	15	70	4	35	180	15	150	106.5	51	27.2	121	66.7
BGM-06X										119		18		
BGM-10	126	94	16	82.6	5.7	41.3	227	16	195	138.2	62	30.2	154	88.9
BGM-10X										158		17		

型号	S	T	U	V	X	Y	Z	a	b	d	e	f
BGM-03	19	47.4	0	22	22	32	20	14.5	11	17.5	M12　深 20	Rc3/8
BGM-03X						40						Rc1/2
BGM-06	37	55.5	23.8	33.4	11	40	25	23	13.5	21	M16　深 25	Rc3/4
BGM-06X						50						Rc1
BGM-10	42	76.2	31.8	44.5	12.7	50	32	28	17.5	26	M20　深 28	Rc1¼
BGM-10X						63						Rc1½



BGM 安装底板尺寸

阀型号	底板型号	连接口	重量/kg
BG-03 S-BG-03	BGM-03-20 BGM-03X-20	Rc3/8 Rc1/2	2.4 3.1
BG-06 S-BG-06	BGM-06-20 BGM-06X-20	Rc3/4 Rc1	4.7 5.7
BG-10 S-BG-10	BGM-10-20 BGM-10X-20	Rc1¼ Rc1½	8.4 10.3

表 22.7-21　S-BG 型溢流阀外形尺寸　（mm）

型号：S-BG-03/06-※-L-40、S-BG-10-※-40

手轮右向 S-BG-03/06-※-R-40

其余尺寸请参照手轮左向图

型号	A	B	C	D
S-BG-03	76	53.8	11.1	26.9
S-BG-06	98	70	14	35
S-BG-10	120	82.6	18.7	41.3
型号	E	F_{max}	G	H_{max}
S-BG-03	53.8	73.6	26.9	163.5
S-BG-06	66.7	58.8	33.7	163.5
S-BG-10	46.1	50.6	44.9	180
型号	ϕJ	ϕK	N	P
S-BG-03	13.5	21	50	130
S-BG-06	17.5	26	50	130
S-BG-10	21.5	32	65	167
型号	Q	S	T	U
S-BG-03	103	21.5	106	26.1
S-BG-06	103	26	122	19.3
S-BG-10	135	33.5	155	21.1
型号	V	X		
S-BG-03	13	36.1		
S-BG-06	13	21.3		
S-BG-10	18	—		

安装面符号下面的 ISO 标准

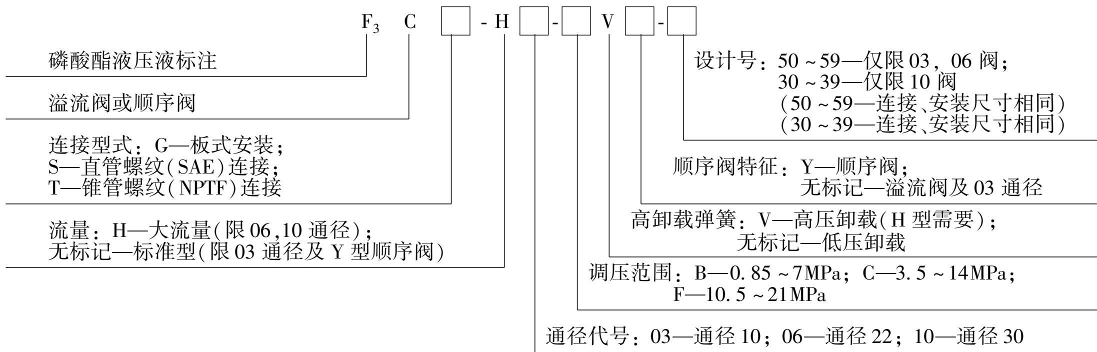
S-BG-03：ISO 6264-AR-06

S-BG-06：ISO 6264-AS-08

S-BG-10：ISO 6264-AT-10

2.2.3　C 型先导式溢流阀

（1）型号说明



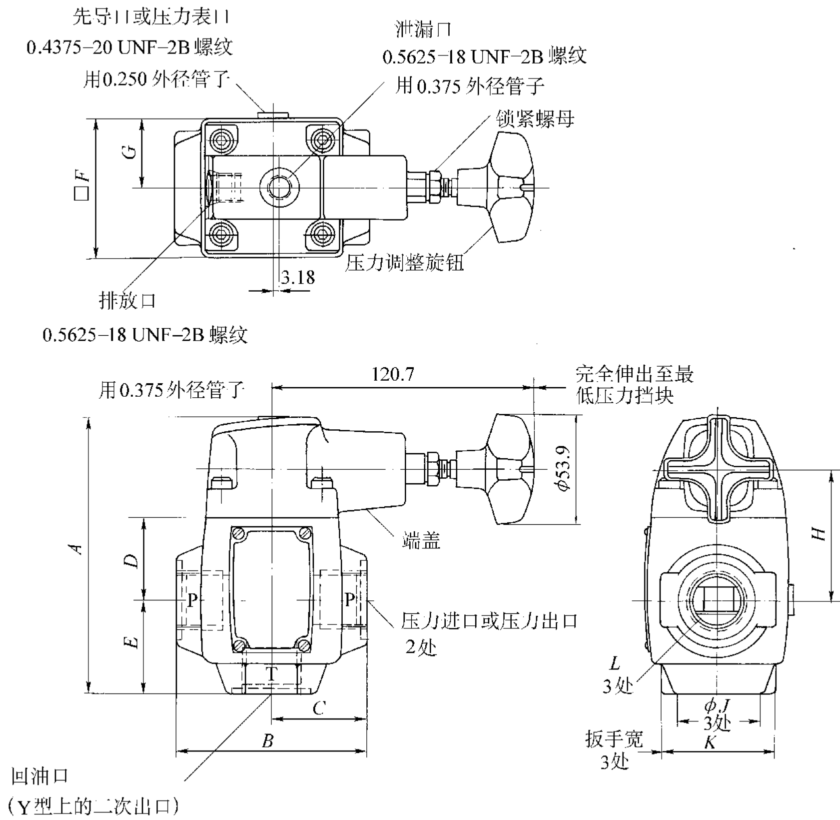
（2）技术规格(见表 22.7-22)

表22.7-22　技术规格

型　号	最高压力/MPa	压力调节范围/MPa	最大流量/L·min^{-1} 标准	最大流量/L·min^{-1} “H”大流量	油口连接螺纹 CS型	油口连接螺纹 CT型	重量/kg	M泄油口（仅Y型有）
C S/G -03-＊-50	21	0.85～7 3.5～14 10.5～21	170	—	M22×1.5	—	2.7（S型） 7（G型）	
S/G GT-06-＊-50			227	340	N27×2	G¾	2.7	M14×1.5
S/G GT-10-＊-30			454	680	M42×2	G1¼	6.4	

（3）外形尺寸（见表22.7-23、表22.7-24）

表22.7-23　CS（T）系列先导式溢流阀外形尺寸　　（mm）



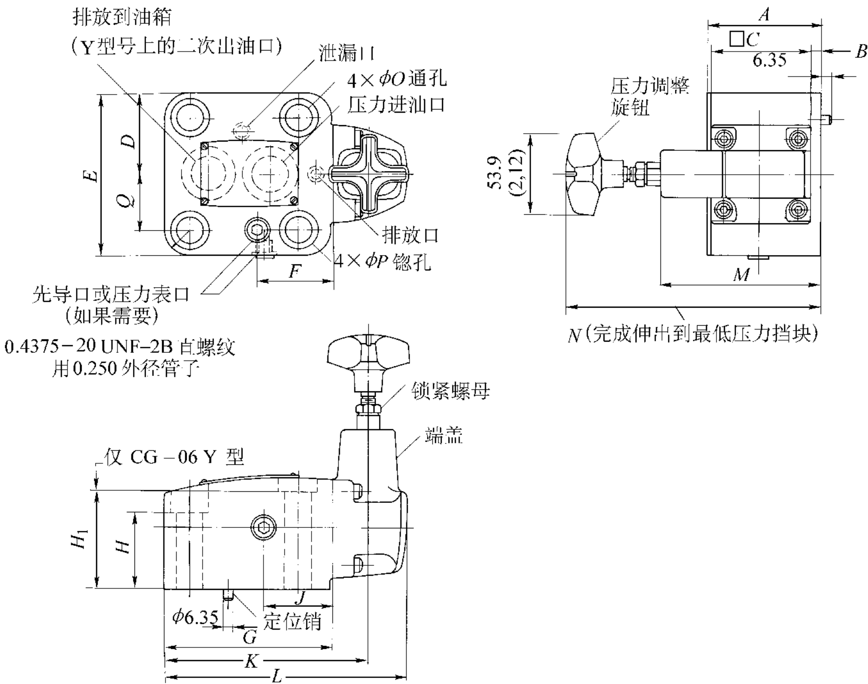
注：1. 泄漏口仅在Y型上，不使用于03规格阀，直接送到油箱，泄漏口的压力添加到压力设定值上。
　　2. 仅当回路指明由于排放或遥控阀时才取下堵头。

（续）

型号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L-系统口	
											CS 型号	CT 型号
CS-03	143.3	95.5	47.8	39.9	55.6	65.6	32.8	62.0	45.7	53.9	0.875-14 UNF-2B 螺纹（0.625 外径管子）	不要使用于 03 规格阀
CS-06 CT-06											1.0625-12 UN-2B 螺纹（0.750 外径管子）	3/4NPTF 螺纹
CS-10 CT-10	157.2	124.0	61.9	41.2	61.9	83.3	41.7	66.5	61.9	69.9	1.6250-12 UN-2B 螺纹（1.250 外径管子）	1¼NPTF 螺纹

表 22.7-24　CG 系列先导式溢流阀外形尺寸　（mm）

型号	A	B	C	D	E	F	G	H	H_1	J	K	L	M	N	φO	φP	Q
CG-06	71.4	7.9	62.0	53.3	106.4	47.8	107.2	47.8	60.5	42.9	131.1	156.5	100.8	159.5	16.6	24.5	35.1
CG-10	85.9	2.3	81.0	66.8	133.4	55.6	116.1	63.5	不适用	50.8	141.5	164.6	104.7	163.6	19.8	29.3	46.0



注：1. 泄漏口仅在 Y 型上，直接连接到油箱，泄漏口的压力添加到压力设定值上。
2. 仅当回路指明由于排放或遥控阀时才取下堵头。

（4）安装底板（见图 22.7-14、图 22.7-15）

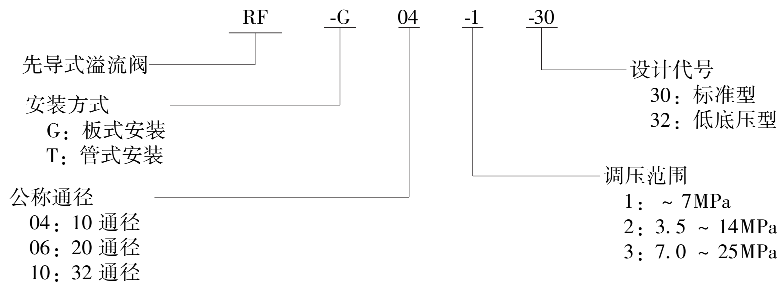
图 22.7-14　CGM-06S-20 系列先导式溢流阀安装底板

图 22.7-15　CGM-10S-20 系列先导式溢流阀安装底板

2.2.4　RF 型先导式溢流阀

RF 型先导式溢流阀的主要作用是保护泵和控制阀，避免其超压，使液压系统保持恒定压力。利用卸荷(远程控制)口可对阀实行远程控制和卸荷。

(1) 型号说明



（2）技术规格（见表22.7-25）

表22.7-25　技术规格

型　　号	最高压力/MPa	最大流量/L·min^{-1}	调压范围/MPa	重量/kg	
				管式安装型	板式安装型
RF-G/T04-＊＊-＊＊	25	100	1：～7 2：3.5～14 3：7.0～25	2.8	5.6
RF-G/T06-＊＊-＊＊		200		4.5	6.9
RF-G/T10-＊＊-＊＊		400		9.5	10.5

（3）特性曲线（见图22.7-16～图22.7-21）

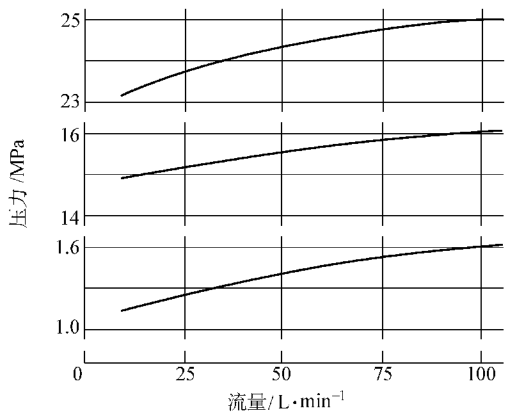


图22.7-16　RF-G/T04-＊＊流量-负载特性曲线

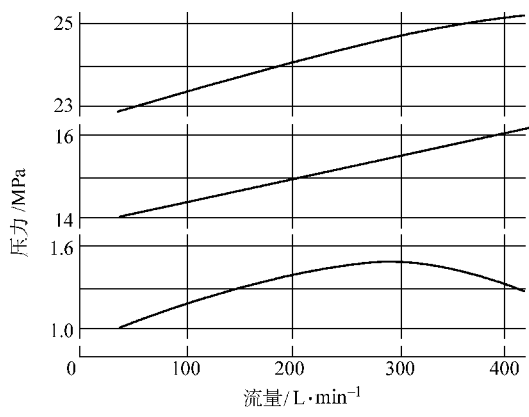


图22.7-18　RF-G/T10-＊＊流量-负载特性曲线

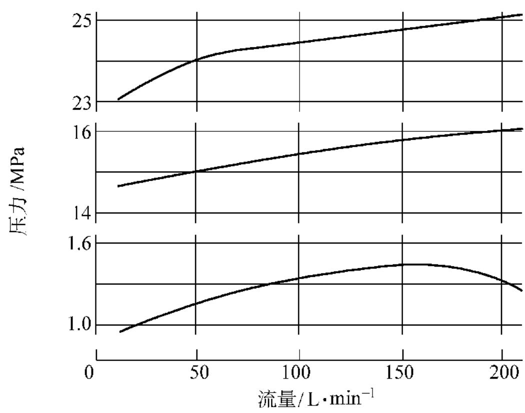


图22.7-17　RF-G/T06-＊＊流量-负载特性曲线

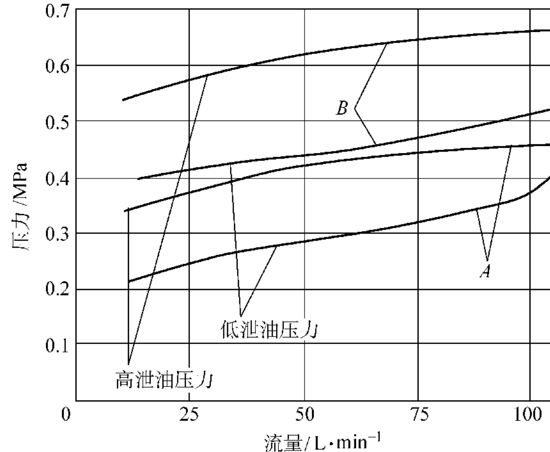


图22.7-19　RF-G/T04-＊＊最低调整压力、泄油压力-流量特性曲线
A—泄油压力　*B*—最低调整压力

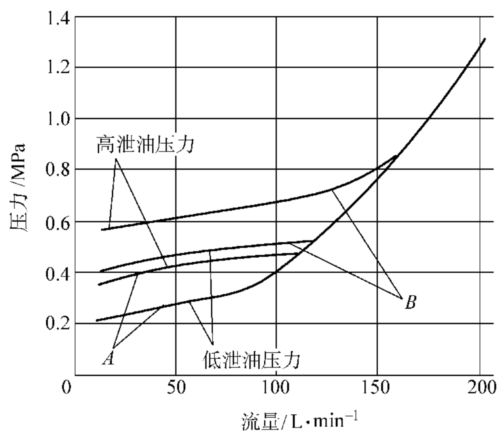


图22.7-20　RF-G/T06-＊＊最低调整压力、泄油压力-流量特性曲线

A—泄油压力　*B*—最低调整压力

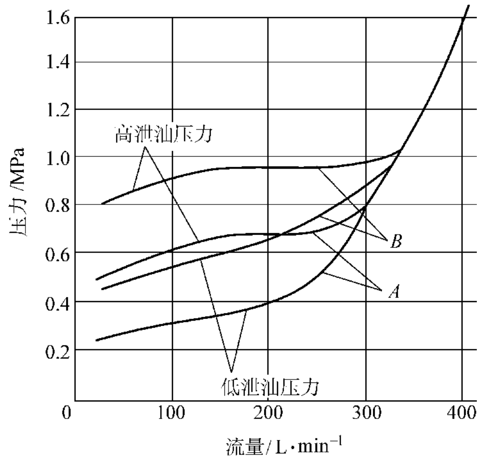
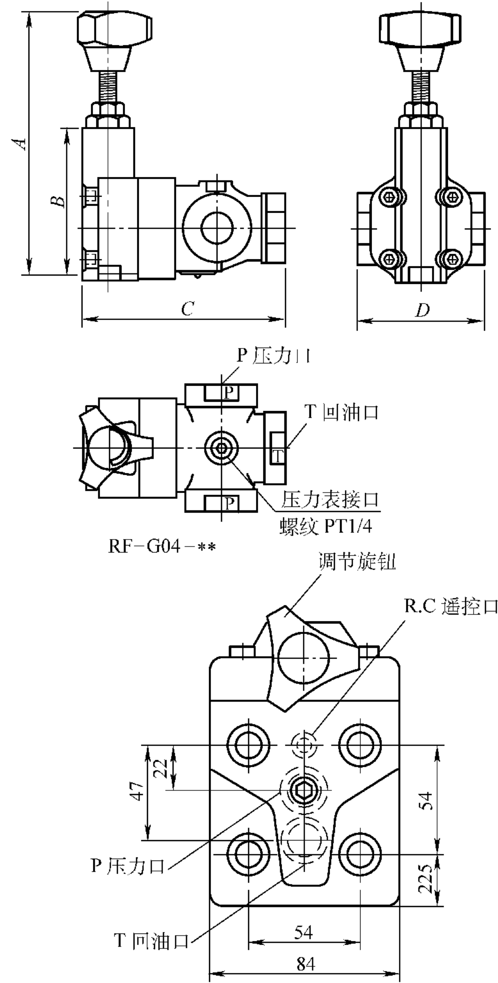


图22.7-21　RF-G/T10-＊＊最低调整压力、泄油压力-流量特性曲线

A—泄油压力　*B*—最低调整压力

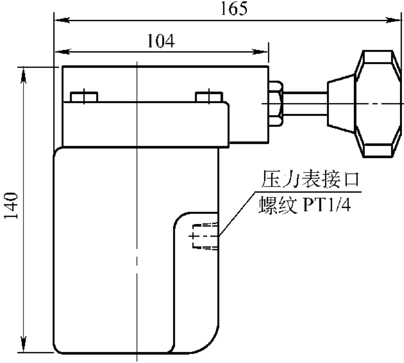
（4）外形尺寸（见表22.7-26）

表22.7-26　RF型先导式溢流阀外形尺寸表　（mm）

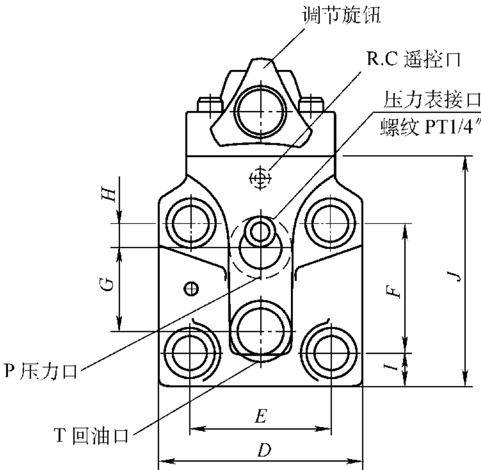


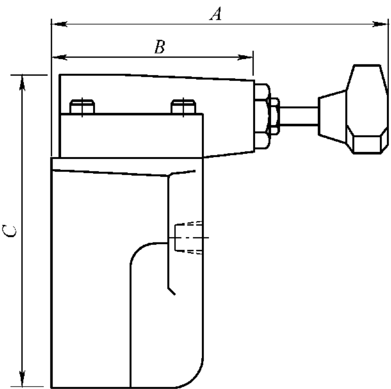
型　号	*A*	*B*	*C*	*D*	P	T
RF-T04-＊＊	142max	92	111	84.5	PT 1/2″	PT 1/2″
RF-T06-＊＊	148max	102	140	103	PT 3/4″	PT 3/4″
RF-T10-＊＊	151max	120	183	120	PT 1-1/4″	PT 1-1/4″

安装面：ISO 6264-AR-06-2-A



（续）





型　号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
RF-G06-**	175max	104	160	105	70	66.6	44.1	11.1	16.9	122
RF-G10-**	184max	120	195	127	82	88.9	63.6	12.7	18.5	150

（5）安装附件(见表22.7-27)

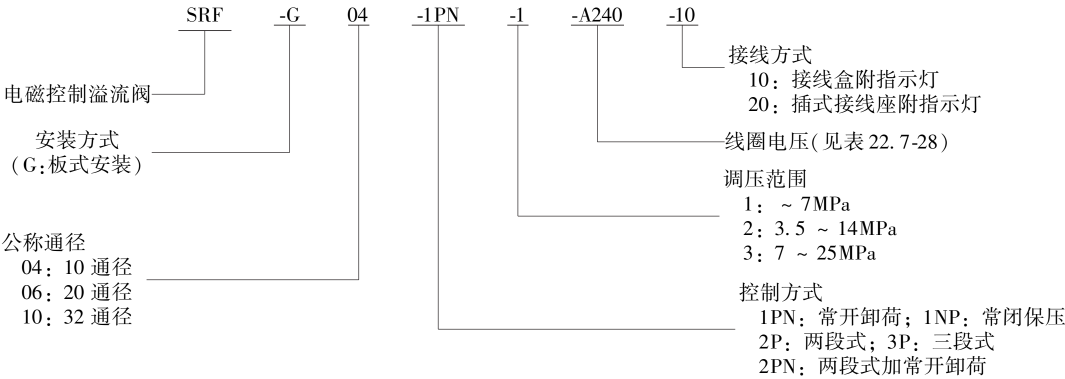
表22.7-27　安装附件

零件名称	型　号			数　量
	RF-G04-**	RF-G06-**	RF-G10-**	
安装螺钉	M12×90L	M16×75L	M20×90L	2
	M12×70L	M16×55L	M20×70L	2
安装阀板	MF-04系列	MF-06系列	MF-10系列	

2.2.5　SRF型电磁溢流阀

此系列阀是溢流阀和电磁阀的组合阀，可利用电气信号使泵卸荷，也可利用先导式溢流阀，使液压系统得到两级或三级压力控制。

（1）型号说明



（2）线圈电压(见表 22.7-28)

表 22.7-28　线圈电压

A240	AC240V 60Hz AC220V 50Hz	R220	AC220V 60Hz AC200V 50Hz
A220	AC220V 60Hz AC200V 50Hz	R120	AC120V 60Hz AC110V 50Hz
A120	AC120V 60Hz AC110V 50Hz	R110	AC110V 60Hz AC100V 50Hz
A110	AC110V 60Hz AC100V 50Hz	D12	DC12V
R240	AC240V 60Hz AC220V 50Hz	D24	DC24V

（3）技术规格(见表 22.7-29)

表 22.7-29　技术规格

型　　号	最高压力/MPa	最大流量/L·min^{-1}	压力调节范围/MPa	备　　注
SRF-G04-**-**	25	100	1：～7 2：3.5～14 3：7.0～25	此系列阀的最低压力调节值和其他特性，可参考先导控制溢流阀 RF 系列
SRF-G06-**-**		200		
SRF-G10-**-**		400		

（4）液压控制回路(见表 22.7-30)

表 22.7-30　液压控制回路

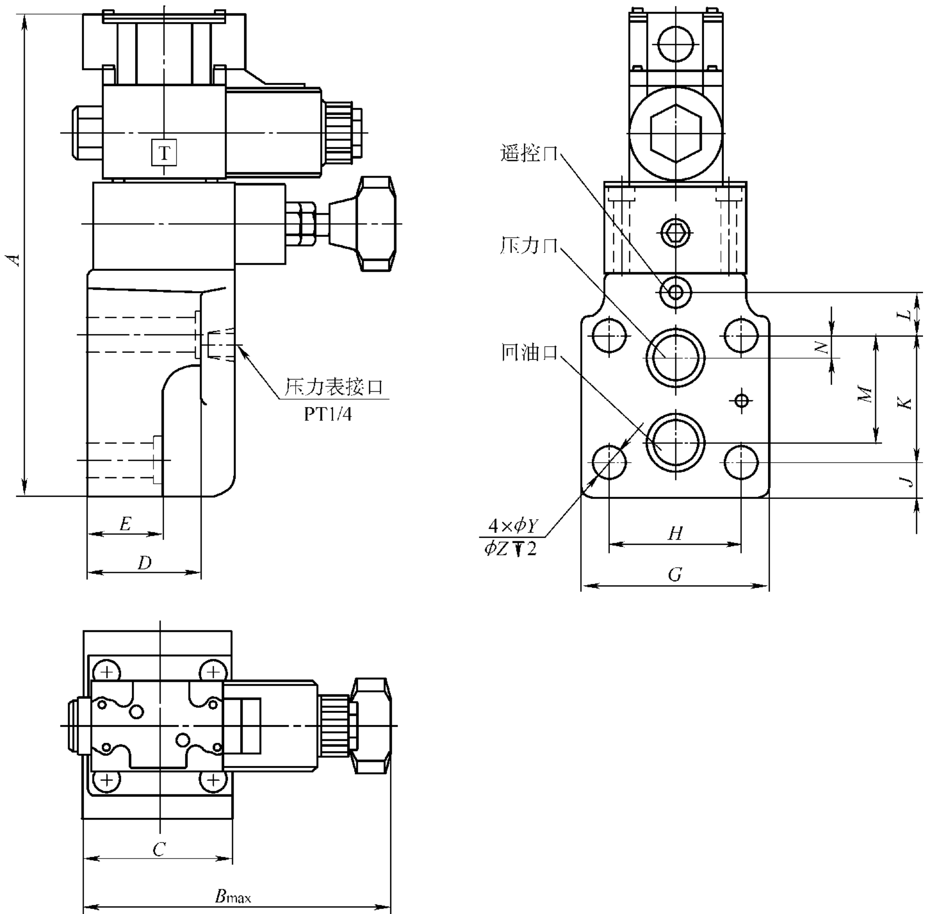
控制方式	液压符号示例	使用电磁换向阀型号	输入电信号		卸荷口连接
			电磁铁“a”	电磁铁“b”	
1PN	R.C. VENT P T	SWH-G02-B2	—	断	油箱(无负载)
				通	溢流阀设定压力
1NP	R.C. VENT P T	SWH-G02-B2	—	断	溢流阀设定压力
				通	油箱(无负载)
2P	A B R.C. VENT P T	SWH-G02-B2	—	断	连接到“A”口
				通	连接到“B”口
2PN	a b A B R.C. VENT P T	SWH-G02-C3 或 SWH-G02-C6	断	断	油箱(无负载)
			通	断	连接到“A”口
			断	通	连接到“B”口

（续）

控制方式	液压符号示例	使用电磁换向阀型号	输入电信号		卸荷口连接
			电磁铁“a”	电磁铁“b”	
3P	a b A C B R.C. VENT P T	SWH-G02-C3 或 SWH-G02-C6	断	断	连接到“C”口
			通	断	连接到“A”口
			断	通	连接到“B”口

（5）外形尺寸(见表 22.7-31)

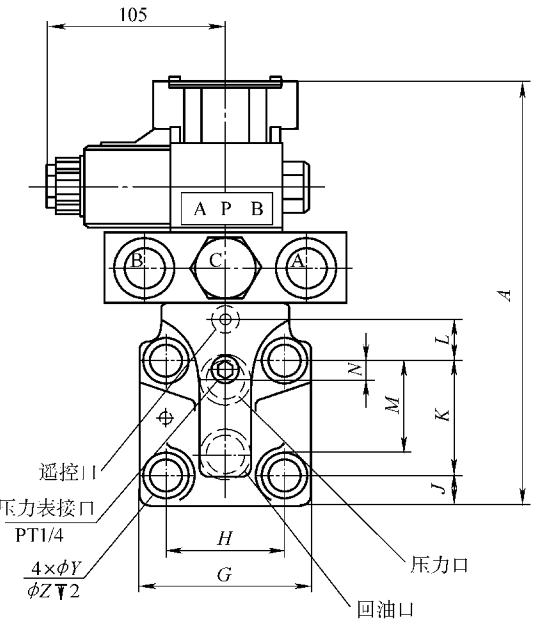
表 22.7-31　SRF 型电磁溢流阀外形尺寸表　（mm）



型　　号	A	B_{max}	C	D	E	G	H	J	K	L	M	N	ϕY	ϕZ	重量/kg
SRF-G04-1PN/1NP-**	228.5	175	78	78	57	82	53.8	21.5	53.8	0	47.5	22	13.5	21	7.5
SRF-G06-1PN/1NP-**	254	175	78	60	40	102	70	19	66.7	23.8	55.5	11	17.5	26	8.0
SRF-G10-1PN/1NP-**	281	184	87.5	67	47	124	82.6	20	88.9	31.8	76.2	12.7	22	32	25

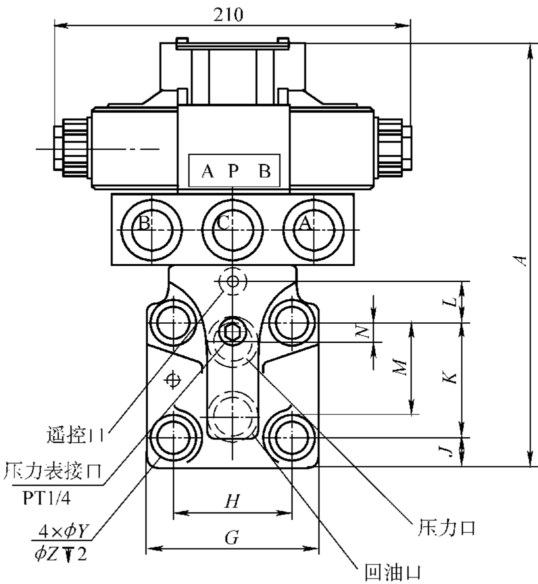
（续）

SRF-G06/10-2P-**



型　号	A	G	H	J	K	L
SRF-G06-2P-**	244	104	70	16.9	66.7	23.8
SRF-G10-2P-**	281	124	82.6	18	88.9	31.8
型　号	M	N	Y	Z	重量/kg	
SRF-G06-2P-**	55.5	11	17.5	26	10	
SRF-G10-2P-**	76.2	12.7	21.5	32	27	

SRF- G06/10-2PN/3P-**



型　号	A	G	H	J	K	L
SRF-G06-2PN/3P-**	244	104	70	16.9	66.7	23.8
SRF-G10-2PN/3P-**	281	124	82.6	18	88.9	31.8
型　号	M	N	Y	Z	重量/kg	
SRF-G06-2PN/3P-**	55.5	11	17.5	26	12	
SRF-G10-2PN/3P-**	76.2	12.7	21.5	32	29	

2.3　卸荷溢流阀

2.3.1　DA 型先导式卸荷溢流阀/DAW 电磁卸荷溢流阀

（1）结构原理

图 22.7-22 是 DA 型先导式卸荷阀的结构原理图。图 22.7-23 是 DAW 型先导式卸荷阀的结构原理图。

DA 型阀主要由先导阀、带主阀芯的主阀和单向阀组成，而 DAW 型阀还在先导阀上装有电磁阀。通径 10mm 的先导式卸荷阀的单向阀在主阀体内；而通径 25mm 和 32mm 的先导式卸荷阀的单向阀在主阀底下的连接板内。

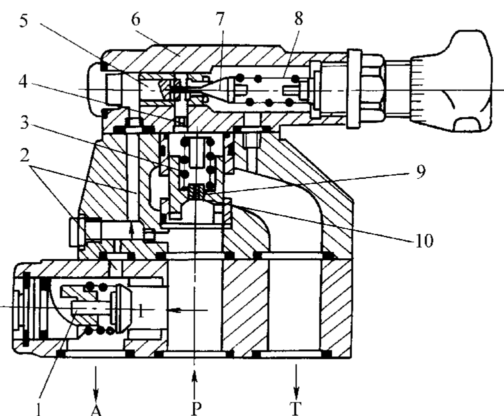


图 22.7-22　DA 型先导式卸荷阀结构原理图

1—单向阀　2—通道　3—主阀弹簧　4、9—阻尼器　5—活塞　6—先导阀　7—锥阀　8—调压弹簧　10—主阀

DA/DAW 型阀应用于有蓄能器的液压系统中时，主要作用是给蓄能器补油；应用于高、低压双泵系统中时，可使低压泵卸荷。而 DAW 型阀利用其上的电磁阀，还可以在任何压力下使系统卸荷。

下面以 DA 型阀为例，说明它们的工作原理（图 22.7-22）。液压泵输出的压力油进入 P 腔，经单向阀 1 流到 A 腔，实现泵向系统供油。这时 A 腔压力油又经通道 2 作用到活塞 5 上；P 腔油经阻尼器 9 流到主阀 10 上腔，又经阻尼器 4 作用在锥阀 7 上。一旦系统压力达到先导阀 6 调定的卸荷压力时，把锥阀 7 打开，控制油经阻尼器 9、4 和锥阀 7 排到 T 腔。由于在阻尼器 9 和 4 上的压力损失，使主阀 10 上腔压力小于 P 腔压力，主阀 10 在上下腔压力差的作用下打开，压力油从 P 腔流到 T 腔。这时由于 A 腔的压力油作用在活塞 5 和单向阀 1 上，使得锥阀 7 打开和单向阀关闭，P→T，实现液压泵的卸荷。

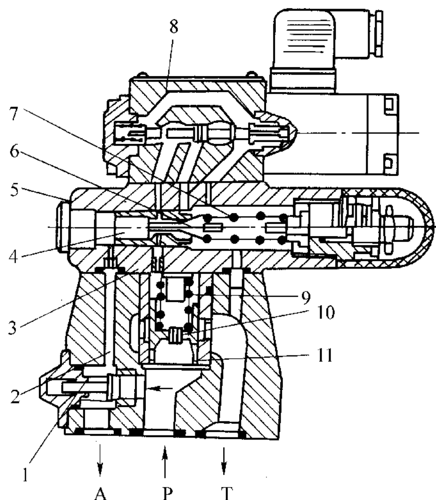


图 22.7-23　DAW 型先导式卸荷阀结构原理图

1—阀　2—通道　3、10—阻尼器　4—活塞　5—先导阀　6—锥阀　7—调压弹簧　8—电磁换向阀　9—主阀弹簧　11—主阀芯

由于活塞 5 的面积比锥阀 7 的有效面积大 17%，所以活塞上的作用力也比锥阀上的作用力大 17%。若 A 腔的油液压力低于它相对应的切换压力差时，弹簧 8 将锥阀 7 关闭。这样主阀 10 上腔建立起压力，使主阀 10 关闭，泵输出的液流重新经过单向阀进入液压系统。

（2）图形符号（见图 22.7-24）

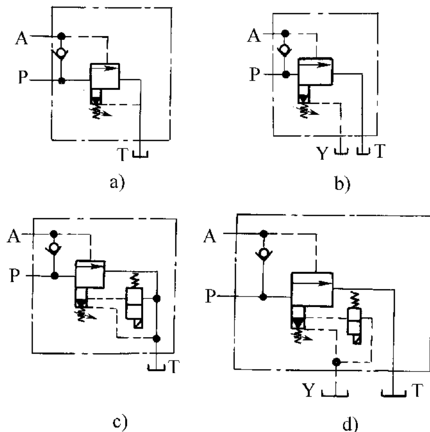


图 22.7-24　DA/DAW 型先导式卸荷阀图形符号

a）DA…30/…型　b）DA…30/…Y…型
c）DAW…30/…型　d）DAW…30/…Y…型

（3）型号说明

DA				30						※

不带电磁铁　－无标记
带电磁铁　＝W

公称通径：10=10
25=20
32=30

电磁阀常闭－ A
电磁阀常开－ B

调节手柄　＝1
带保护罩调节螺钉　＝2
带锁调节手柄　－3

30系列　=30
(30至39系列结构和连接尺寸相同)

压力调节范围：8：2~8MPa
16：8~16MPa
31.5：16~31.5MPa

控制方式：
控制油内供　＝无标记
控制油外供　＝Y

更详细的说明

无标记＝矿物质液压油
V＝磷酸酯液压液

Z4＝方型插头
Z5＝大方型插头
Z5L＝带灯的大方连插头
DA/DAW型先导卸荷阀

无标记＝无故障检查按钮
N＝带故障检查按钮

G24= 直流电压24V
W220-50= 交流电压220V 频率50Hz
W220R=带整流器的直流电磁铁(仅适用插头“Z5”)

(4) 技术规格及特性曲线(见表22.7-32)

表22.7-32　技术规格及特性曲线

通径/mm	10	25	32
介质	矿物质液压油；磷酸酯液压液		
介质温度范围/℃	-20~70		
介质粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	2.8~380		
最大流量/$L \cdot min^{-1}$	40	100	250
从T腔到A腔切换压力范围	一般17%以内		
A腔的最大工作压力(P→T卸荷)/MPa	~31.5		
重量/kg　DA型	3.8	7.7	13.4
重量/kg　DAW型	4.9	8.8	14.5

DA/DAW型先导式卸荷阀特性曲线(试验条件：$\nu=36mm^2/s$；$t=50℃$)

（5）外形尺寸(见图 22.7-25 ~ 图 22.7-27)

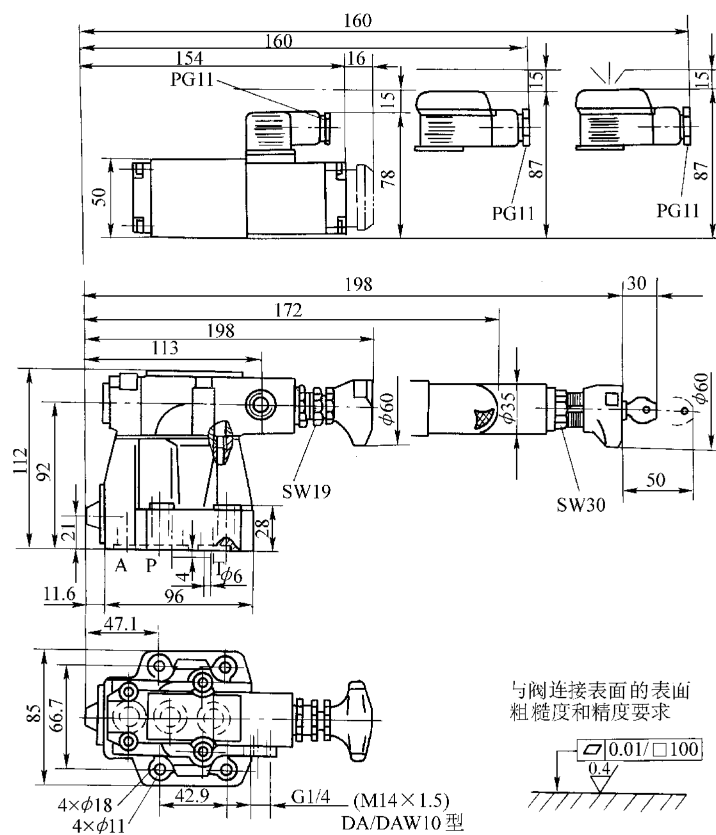


图 22.7-25　DA/DAW 型先导式卸荷阀(板式连接)外形尺寸图(一)

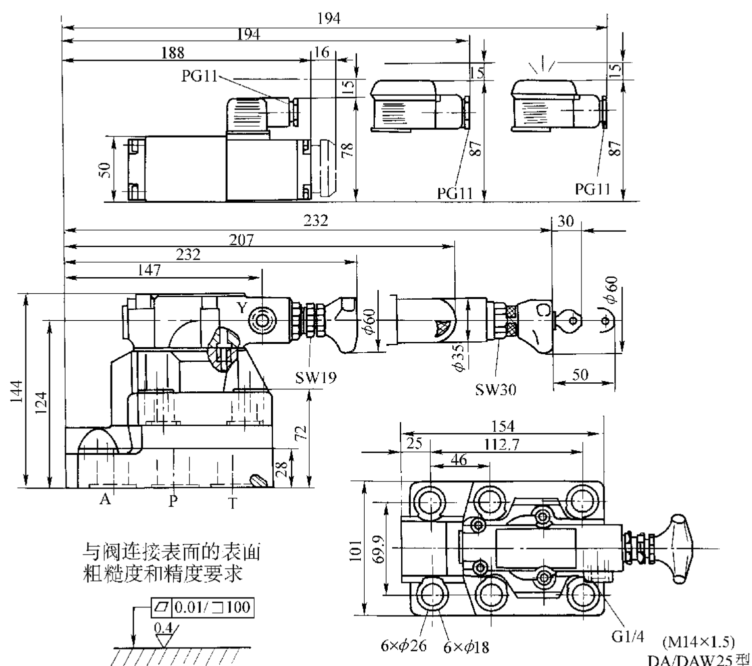


图 22.7-26　DA/DAW 型先导式卸荷阀(板式连接)外形尺寸图(二)

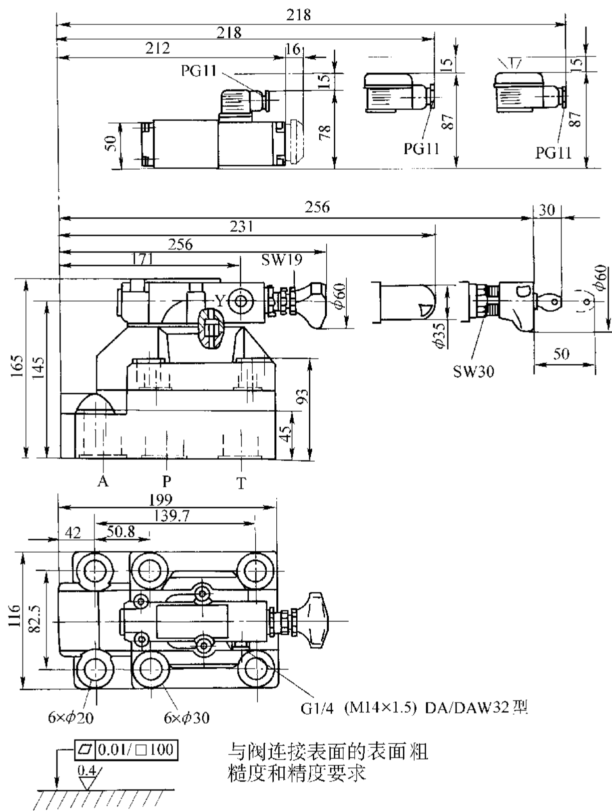


图 22. 7-27　DA/DAW 型先导式卸荷阀(板式连接)外形尺寸图(三)

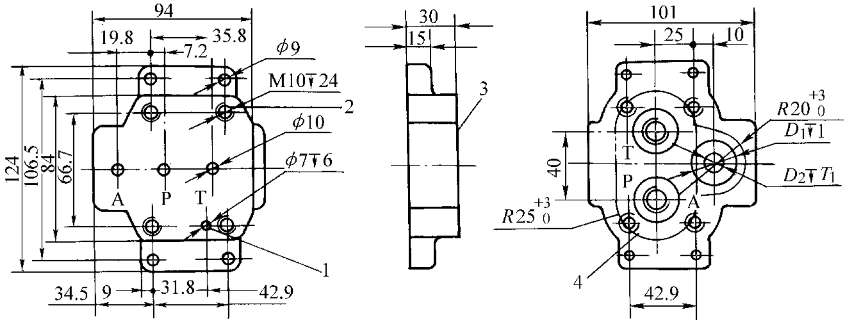
(6) 安装底板(见表 22. 7-33)

2. 3. 2　BUC 型卸荷溢流阀

该阀用于带蓄能器的液压系统，使泵自动卸荷加载，或用于高低压复合的液压系统，使泵在最小的载荷下工作。

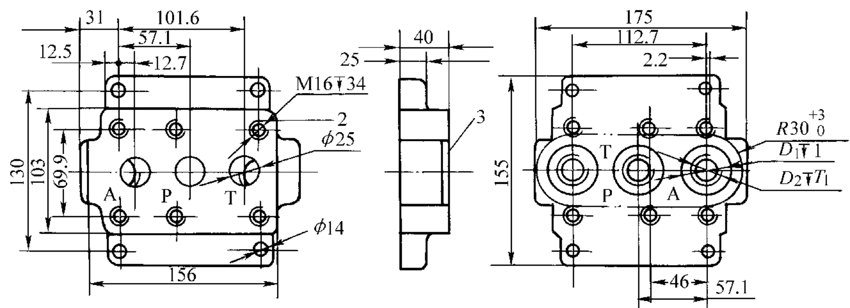
表 22. 7-33　安装底板　(mm)

通径	型号	D_1	D_2	T_1	阀安装螺钉	转矩/N・m	重量/kg
10	G467/1	28	G3/8	12	4 个 M10 ×50	69	1. 7
	G468/1	34	G1/2	14			

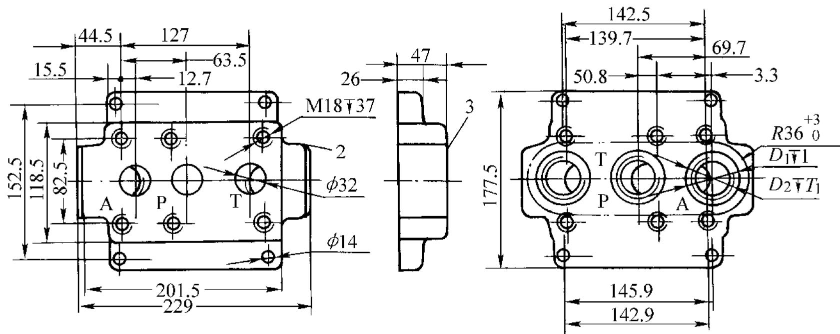


（续）

通径	型号	D_1	D_2	T_1	阀安装螺钉	转矩/N·m	重量/kg
25	G469/1	42	G3/4	16	4个M16×100，工件M16×60	295	5.2
	G470/1	47	G1	18			

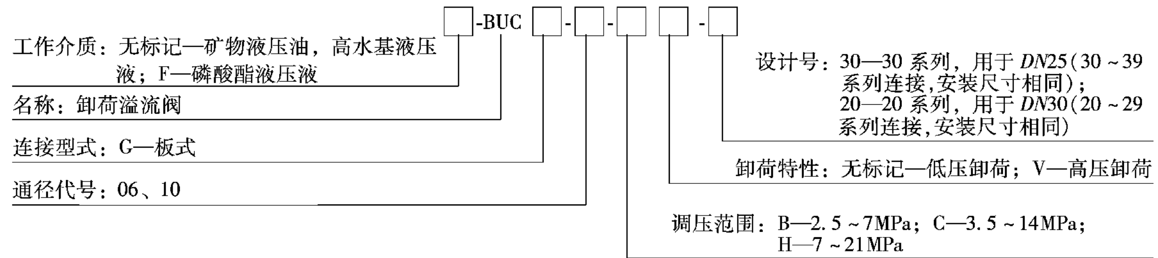


通径	型号	D_1	D_2	T_1	阀安装螺钉	转矩/N·m	重量/kg
32	G471/1	56	G1¼	20	4个M18×120，2个M18×80	405	8.2
	G472/1	61	G1½	22			



注：图中1—定位孔，2—阀安装螺孔，3—阀安装面。

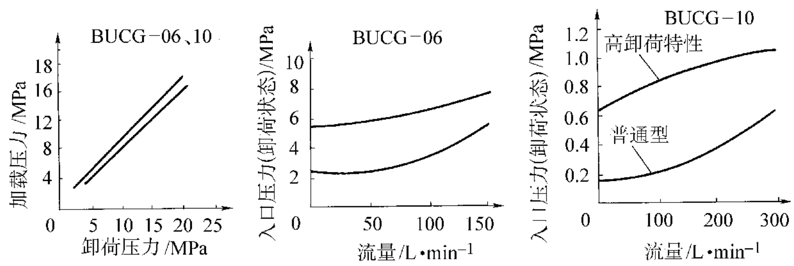
（1）型号说明



（2）技术规格及特性曲线(见表22.7-34)

表 22. 7-34　技术规格及特性曲线

通径/mm	25	30	通径/mm	25	30
最大流量/L · min^{-1}	125	250	介质粘度/mm^2 · s^{-1}	15 ~400	
最大工作压力/MPa	21		介质温度/℃	-15 ~70	
介质	矿物液压油、高水基液压液、磷酸酯液压液		重量/kg	12	21. 5



(3) 外形尺寸(见图 22. 7-28)

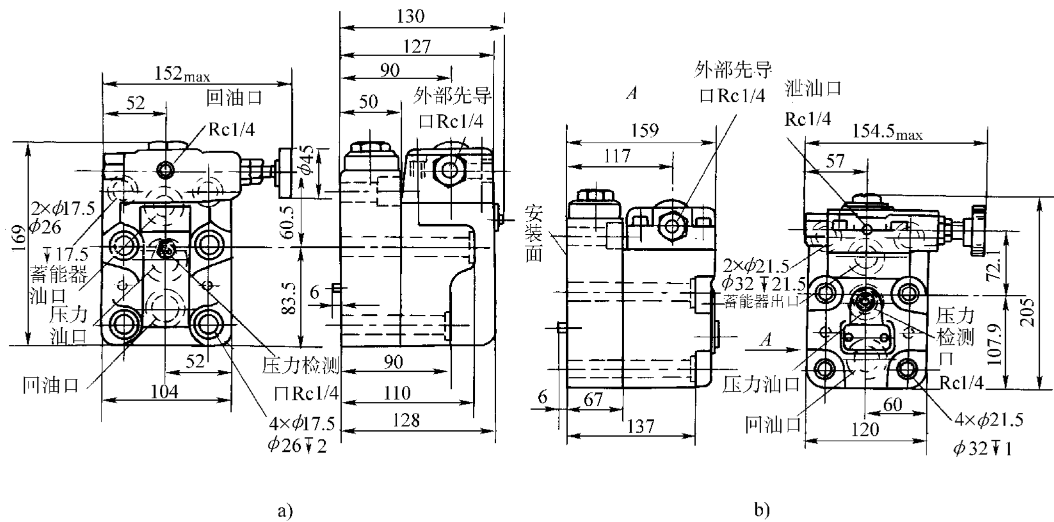


图 22. 7-28　BUC 型卸荷溢流阀外形尺寸

a) BUCG-06 型卸荷溢流阀外形尺寸　b) BUCG-10 型卸荷溢流阀外形尺寸

(4) 安装底板(见表 22. 7-35、表 22. 7-36)

表 22. 7-35　安装底板型号

型　号	底 板 型 号	连 接 口	重量/kg
BUCG-06	BUCGM-06-20	Rc¾	4. 4
BUCG-10	BUCGM-10-20	Rc1¼	7. 2

表 22.7-36　安装底板尺寸　　（mm）

型号	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*
BUCGM-06	102	78	70	35	12	4	192	168	12	66.7	46
BUCGM-10	120	92	82.5	41.3	14	4.7	232	204	14	88.9	51
型号	*N*	*P*	*Q*	*S*	*T*	*U*	*V*	*X*	*Y*	*Z*	*a*
BUCGM-06	27.5	55.5	33.5	33.3	11	11	40	145	23	M16	Rc¾
BUCGM-10	32	76.2	38	44.5	19	12.7	45	190	28	M20	Rc1¼

2.4　减压阀

2.4.1　DR※DP 型直动式减压阀

DR※DP 型直动式减压阀是三通减压阀，其次级回路有溢流。

（1）型号说明

□ DR □ D P □-□/□ □ □ □ □

安装方式：无标记—底板安装；F—面板安装

名称：减压阀

通径：5，6，10

控制形式：D—直动式

P—底板连接

调节方式：1—手轮；2—带保护罩和外六角的设定螺钉；3—带锁手柄

系列号：10—10 系列（规格 5）；50—50 系列（规格 6）；40—40 系列（规格 10）

最大出口压力：0.25—2.5MPa；0.75—7.5MPa；1.50—15MPa；2.10—21MPa；3.15—31.5MPa

控制油形式：Y—内部先导供油，外部先导泄油；XY—外部先导供油，外部先导泄油（仅规格 5）

单向阀标记：无标记—带单向阀；M—无单向阀

工作介质：无标记—HLP 矿物液压油（按 DIN51525）；V—磷酸酯液

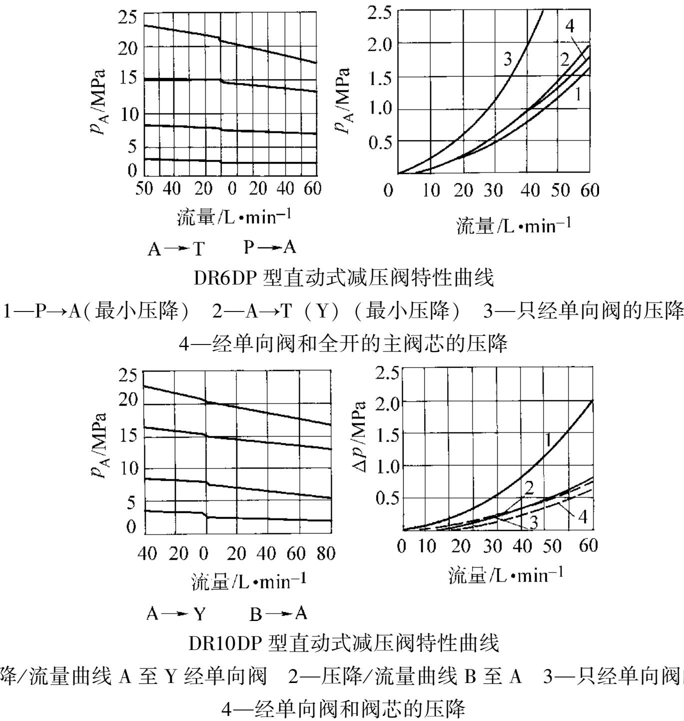
附加说明

（2）技术规格及特性曲线（见表 22.7-37）

表 22.7-37　技术规格及特性曲线

规　　格	5	6	10
输入压力（油口 P）/MPa	≤31.5	≤31.5	≤31.5
输出压力（油口 A）/MPa	≤21.0/不带单向阀≤31.5	≤2.5、7.5、15、21	≤2.5、7.5、15、21
背压（油口 Y）/MPa	≤6.0	≤16	≤16
最大流量/$L \cdot min^{-1}$	≤15	≤60	≤80
液压油	矿物油（DIN51524），磷酸酯液		
油温范围/℃	-20～70	-20～80	
粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	2.8～380	10～800	
过滤精度	NAS1638　9 级		
重量/kg		≈1.2	≈1.2

（续）



DR6DP 型直动式减压阀特性曲线

1—P→A（最小压降） 2—A→T（Y）（最小压降） 3—只经单向阀的压降

4—经单向阀和全开的主阀芯的压降

DR10DP 型直动式减压阀特性曲线

1—压降/流量曲线 A 至 Y 经单向阀 2—压降/流量曲线 B 至 A 3—只经单向阀的压降

4—经单向阀和阀芯的压降

（3）外形尺寸（见图 22.7-29 ~ 图 22.7-31）

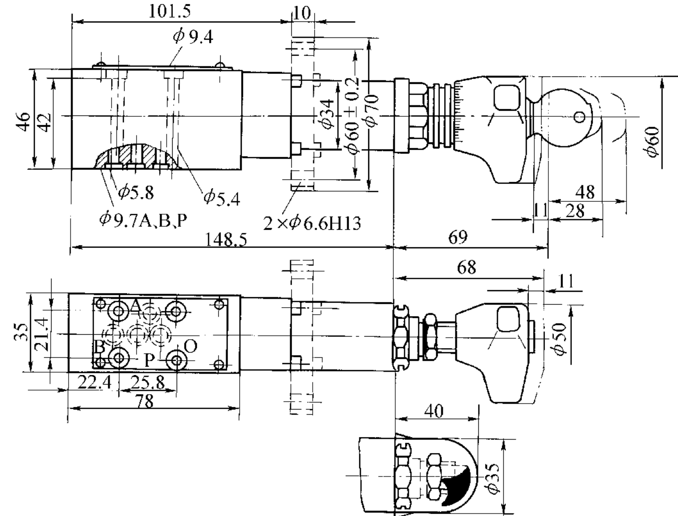


图 22.7-29 DR5DP 型直动式减压阀外形尺寸

底板：G115/01（G¼）、G96/01（G¼）

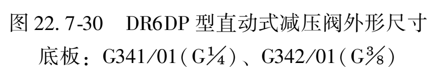


图 22.7-30　DR6DP 型直动式减压阀外形尺寸

底板：G341/01(G¼)、G342/01(G⅜)

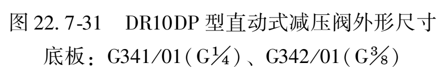


图 22.7-31　DR10DP 型直动式减压阀外形尺寸

底板：G341/01(G¼)、G342/01(G⅜)

2.4.2　DR 型先导式减压阀

该阀主要由先导阀、主阀和单向阀组成。可将液压系统分成不同压力的油路，以使不同的执行机构产生不同的工作力。

（1）结构原理

图 22.7-32 是 DR10-2-30/…Y…型先导式减压阀的结构原理图。该阀的作用是降低液压系统的压力，它主要由先导阀、主阀和单向阀（也可以不带单向阀）组成。

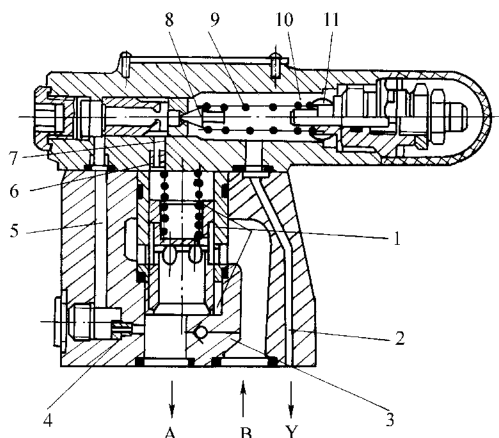


图 22.7-32　DR10-2-30/…Y…型先导式减压阀
1—主阀芯　2、11—通道（Y）　3—单向阀
4、6—阻尼器　5、7—通道　8—锥阀
9—调压弹簧　10—调压弹簧腔

DR 型先导式减压阀在不工作时是常开的，一次压力油从 B 腔经主阀芯 1 流到 A 腔，A 腔的压力油称二次压力油。同时 A 腔的压力油通过阻尼器 4、6 和控制通道 5、7 流到主阀芯 1 的上端，并作用在锥阀 8 上。当 A 腔的压力超过调压弹簧 9 的调定压力时，锥阀 8 被打开。这时主阀芯上端的油液经阻尼器 6、调压弹簧腔 10 流到 Y 口，在主阀芯上形成一个压力差，在这个压力差的作用下主阀芯向上移动，使开口减小，起到减压作用，在调压弹簧 9 的作用下使主阀芯保持在一定的位置上，即保持 A 腔压力的恒定。如果需要压力油从 A 流向 B，可选用带单向阀的结构，这就是单向减压阀。

图 22.7-33 是 DR20-3-30/…Y…、DR30-3-30/…Y…型先导式减压阀的结构原理图。DR20 型和 DR30 型先导式减压阀与 DR10 型结构原理基本相同，所不同的是 DR20 和 DR30 型用一次压力油控制。B 腔的一次压力油经通道 6，进入固定节流器 7，当一次压力油压力升高时，可直接把锥阀 8 打开，控制油流向 Y 口，这时主阀芯上端压力下降，主阀芯抬起，主阀节流口变小，使 A 腔压力保持恒定。主阀芯上装有一个过载阀 4，它是一个单向阀，用于过载保护。如果二次压力油压力升高时，过载阀 4 被打开，一部分二次压力油经主阀芯 1 的上端作用在锥阀 8 上，当此压力超过调压弹簧 10 的调定压力时，锥阀打开，主阀芯 1 抬起，减小节流口，降低二次压力。如当流量 $q=0$ 时，过载阀可防止 A 腔压力的异常升高。

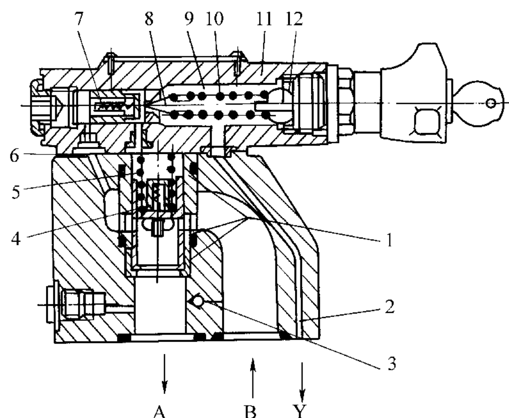


图 22.7-33　DR20-3-30/…Y…、
DR30-3-30/…Y…型先导式减压阀结构原理图
1—主阀芯　2、12—通道（Y）　3—单向阀　4—过载阀　5—弹簧　6—通道　7—固定节流器　8—锥阀
9—调压弹簧腔　10—调压弹簧　11—先导阀

其图形符号见图 22.7-34。

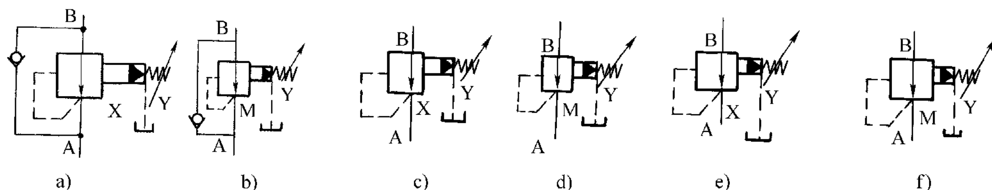


图 22.7-34　DR 型先导式减压阀图形符号
a）DR10…-30/…Y…型　b）DR^{20}_{30}…-30/…Y…型（用于板式）　c）DR10…-30/…YM 型（用于板式）
d）DR^{20}_{30}…-30/…YM 型　e）DR^{8}_{10}…-30/…Y…型（用于管式）　f）DR^{15}_{30}…-30/…Y…型（用于管式）

（2）型号说明

		-		30¹⁄₁	Y			*

更详细的说明

无标记 = 矿物质液压油
V= 磷酸酯液压液

无标记 – 带单向阀
M= 不带单向阀

10– 控制压力 10MPa
31.5– 控制压力 31.5MPa

30=30 系列
(30~39 系列内结构和连接尺寸相同）

先导式减压阀 –DR
不带主阀芯的先导阀：
通径 10–DBC
通径 25 和 32=DRC
（不标通径和连接方式）
带主阀芯的先导阀 =DRC
（注明通径 10 或 32，不注连接方式）

通径	连接方式	
	板式	管式
	注明	
8 =	—	8
10 =	10	10
16 =	—	15
20 =	—	20
25 =	20	25
32 =	30	30

板式连接 = 无标记
管式连接 =G

NG10	NG25;32	压力调节方式
注明		
4	1	– 调节手柄
5	2	– 带保护罩的调节螺钉
6	3	= 带锁调节手柄

（3）技术规格及特性曲线(见表 22. 7-38)

表 22. 7-38　技术规格及特性曲线

通径/mm	8	10	16	20	25	32
液体	矿物质液压油，磷酸酯液压液					
液体温度范围/℃	−20 ~ 70					
液体粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	2. 8 ~ 380					
工作压力/MPa	~10 或 ~31. 5					
进口压力(连接口 B)/MPa	~31. 5					
出口压力(连接口 A)/MPa	0. 3 ~ 31. 5	1. 0 ~ 31. 5				
背压(连接口 Y)/MPa	~31. 5					
流量　板式连接/$L \cdot min^{-1}$	—	80	—	—	200	300
流量　管式连接/$L \cdot min^{-1}$	80	80	200	200	200	300

出口压力/MPa　DR10　流量/L·min⁻¹
出口压力/MPa　DR20　DR30　流量/L·min⁻¹
最低的调节压力/MPa　DR10　DR20　DR30　流量/L·min⁻¹
最低的调节压力/MPa　输入压力/MPa
通过单向阀的压力差/MPa　DR10　DR20　DR30　流量/L·min⁻¹
控制流量/L·min⁻¹　DR10　DR20　DR30　流量/L·min⁻¹

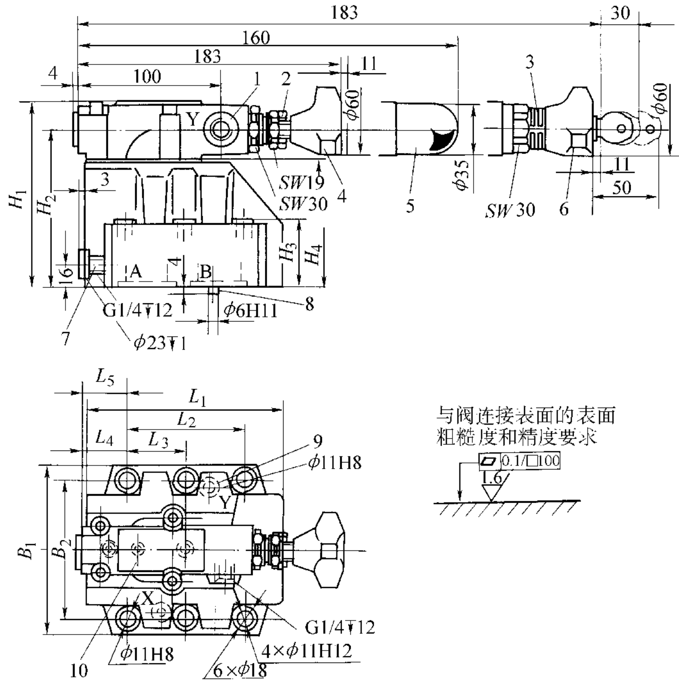
– – – 2MPa Δp NG10
—— 10MPa Δp NG10
— – — 2MPa 和 10MPa Δp N25 和 32

DR 型先导式减压阀特性曲线图
（试验条件：$\nu = 36mm^2/s$；$t = 50℃$）

（4）外形尺寸（见表22.7-39～表22.7-42）

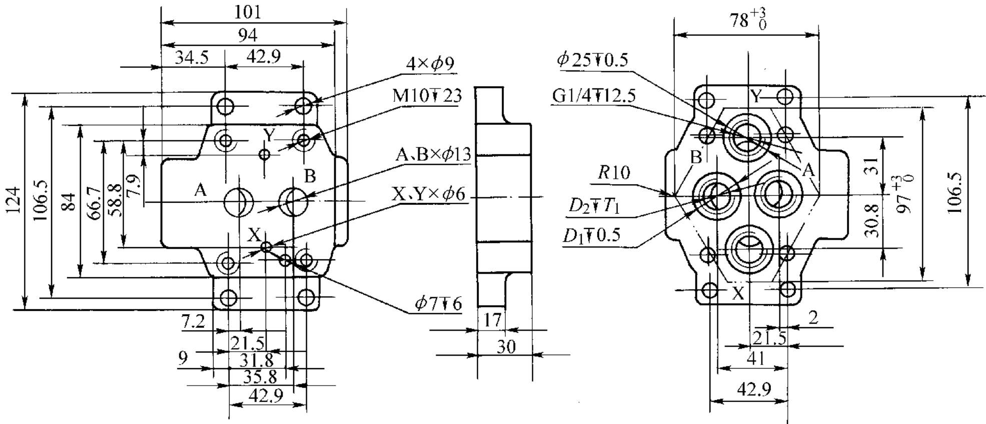
表22.7-39 板式连接外形尺寸 （mm）

通径	B_1	B_2	H_1	H_2	H_3	H_4	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	O 形 圈		重量/kg
												用于X、Y口	用于A、B口	
10	85	66.7	112	92	28	72	90	42.9	—	35.5	34.5	9.25×1.78	17.12×2.62	3.6
25	102	79.4	122	102	38	82	112	60.3	—	33.5	37	9.25×1.78	28.17×3.53	5.5
32	120	96.8	130	110	46	90	140	84.2	42.1	28	31.3	9.25×1.78	34.52×3.53	8.2



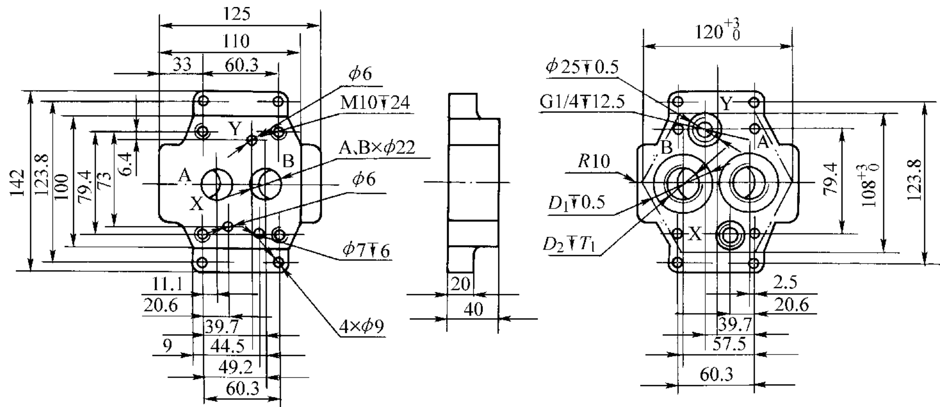
1—连接口Y（可作为控制油回油口或遥控口） 2—锁紧螺母（只有31.5MPa的使用）
3—调节刻度套 4—压力调节方式“1” 5—压力调节方式“2” 6—压力调节方式“3”
7—通径10的遥控口（X口），通径25和32的压力表接口 8—定位销 9—Y口
（控制油回油口） 10—标牌

表22.7-40 连接板尺寸 （mm）

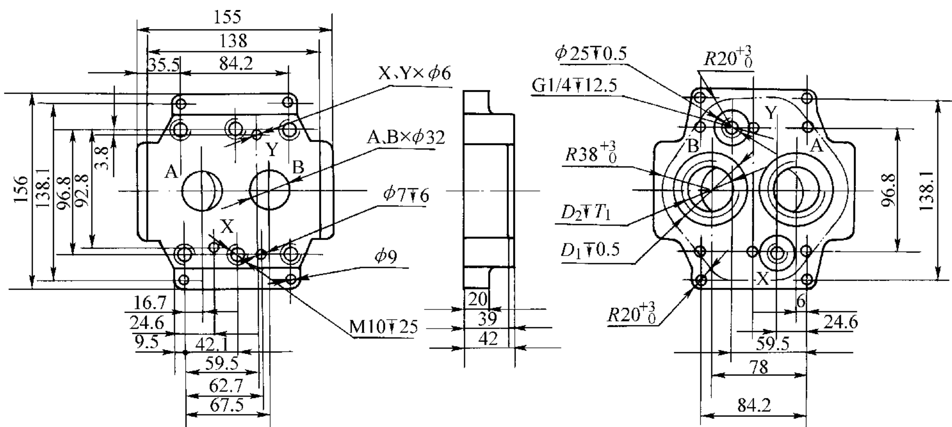


（续）

通　径	型　号	D_1	D_2	T_1	阀安装螺钉	转矩/N · m	重量/kg
10	G460/1	28	G3/8	12. 5	4 个　M10 × 40 （须单独订货）	69	1. 7
	G461/1	34	G1/2	14. 5			



通　径	型　号	D_1	D_2	T_1	阀安装螺钉	转矩/N · m	重量/kg
25	G412/1	42	G3/4	16. 5	4 个　M10 × 50 （须单独订货）	69	3. 3
	G413/1	47	G1	19. 5			



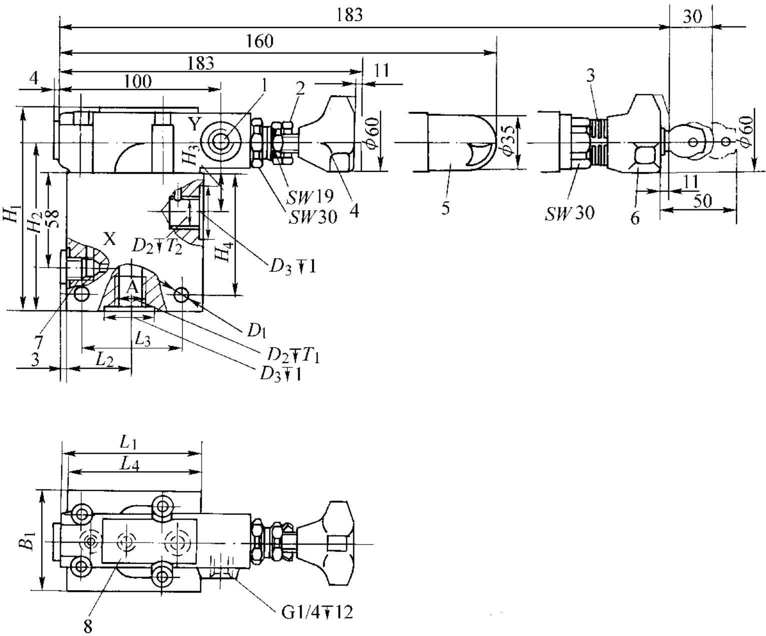
通　径	型　号	D_1	D_2	T_1	阀安装螺钉	转矩/N · m	重量/kg
32	G414/1	56	G1¼	20. 5	6 个　M10 × 60 （须单独订货）	69	5
	G415/1	61	G1½	22. 5			

表 22. 7-41　管式连接外形尺寸　（mm）

通径	B_1	D_1	D_2		D_3	H_1	H_2	H_3	H_4	L_1	L_2	L_3	L_4	T_1	重量/kg
8	63	9	G3/8	M18 × 1. 5	28	125	105	23	75	85	40	62	90	12	4. 3
10			G1/2	M22 × 1. 5	34									14	
16			G3/4	M27 × 2	42									16	6. 8
20			G1	M33 × 2	47			28						18	

（续）

通径	B_1	D_1	D_2		D_3	H_1	H_2	H_3	H_4	L_1	L_2	L_3	L_4	T_1	重量/kg
25	63	9	G1¼	M42×2	56	138	118	34	85	100	46	72	99	20	10.2
32	70	11	G1½	M48×2	61									22	

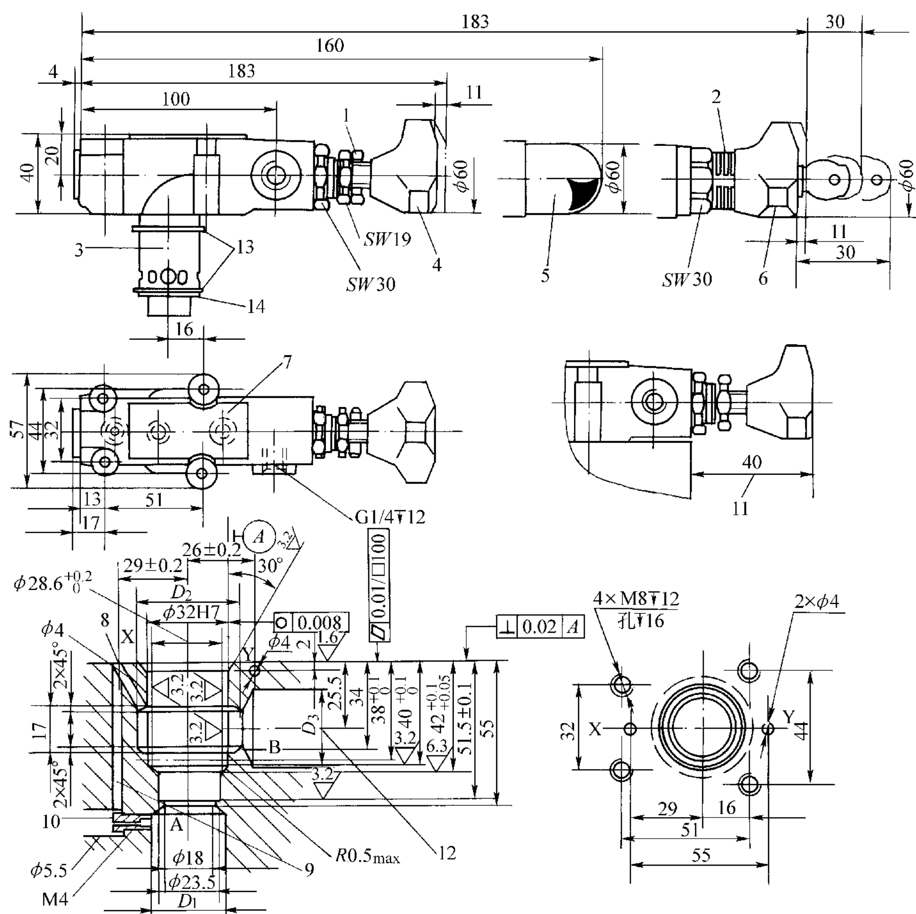


1—Y 口(控制油回油口或遥控口)　2—锁紧螺母(只有 31.5MPa 的使用)
3—调节刻度套　4—压力调节方式“1”　5—压力调节方式“2”
6—压力调节方式“3”　7—通径 10 的遥控口(X 口)　8—标牌

表 22.7-42　插入式连接外形尺寸　（mm）

通径	D_1	D_2	D_3	重量/kg	阀的固定螺栓	转矩 /N·m	丁腈橡胶零件号	氟橡胶零件号
10	10	40	10	1.4	4 个 M8×40	31	301　199	301　358
25	25	40	25				301　200	301　359
32	32	45	32					

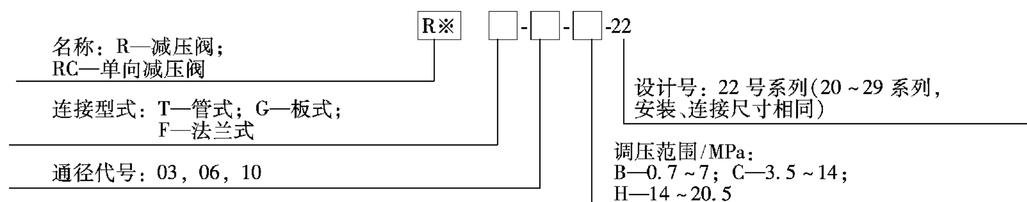
（续）



1—锁紧螺母(只有 31.5MPa 的使用)　2—调节刻度套　3—插入式主阀芯　4—压力调节方式“1”　5—压力调节方式“2”　6—压力调节方式“3”　7—标牌　8—通径 25 和 32 的控制油进油路　9—通径 10 的控制油进油路　10—通径 10 的阻尼器　11—使用“1”或“3”调节方式时，距主阀体的最小距离　12—孔 D_3 与 D_2 允许在任何位置相通，但不能破坏连接螺孔和控制油路 X　13—O 形圈 27.3×2.4　14—密封挡圈 32/28.4×0.8

2.4.3　R 型先导式减压阀和 RC 型单向减压阀

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.7-43)

表 22.7-43　技术规格

型号		最高使用压力/MPa	最大流量		泄油量/L·min⁻¹	重量/kg			
管式连接	板式连接		设定压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹		RCT 型	RCG 型	RT 型	RG 型
R(C)T-03-※-22	R(C)C-03-※-22	21.0	0.7～1.0	40	0.8～1	4.8	5.4	4.3	4.5
			1.0～20.5	50					
R(C)T-06-※-22	R(C)C-06-※-22	21.0	0.7～1.0	50	0.8～1.1	7.8	8.1	6.9	6.8
			1.0～1.5	100					
			1.5～20.5	125					
R(C)T-10-※-22	R(C)C-10-※-22	21.0	0.7～1.0	130	1.2～1.5	13.8	13.8	12.0	11.0
			1.0～1.5	180					
			1.5～10.5	220					
			10.5～20.5	250					

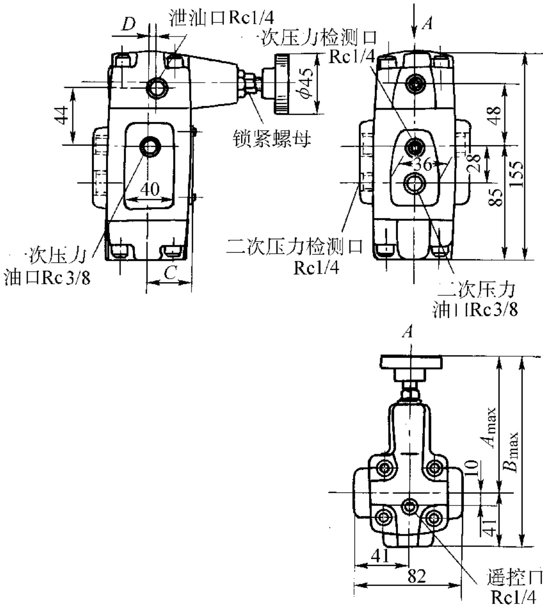
(3) 外形尺寸(见表 22.7-44)

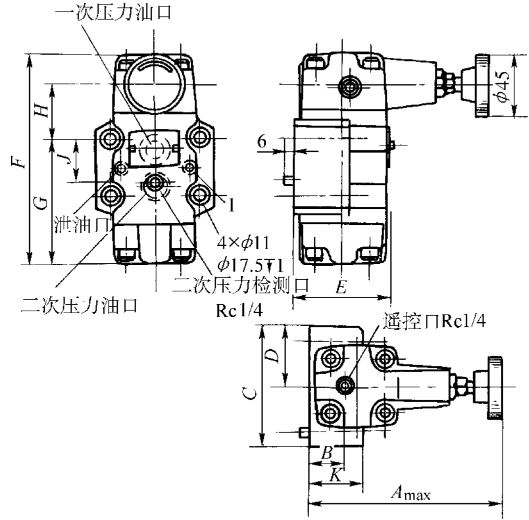
表 22.7-44　外形尺寸　　(mm)

型号	*A*	*B*	*C*	*D*
RT-03	106	147	32	4
RCT-03	107	148	55	5

型号	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*
R(C)G-03	142	25	89	44.5	67(90)
R(C)G-06	141	21.5	102	51	79(108)

型号	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*
R(C)G-03	155.5	92.4	40.6	34.9	25
R(C)G-06	179	111	40	48	21.5





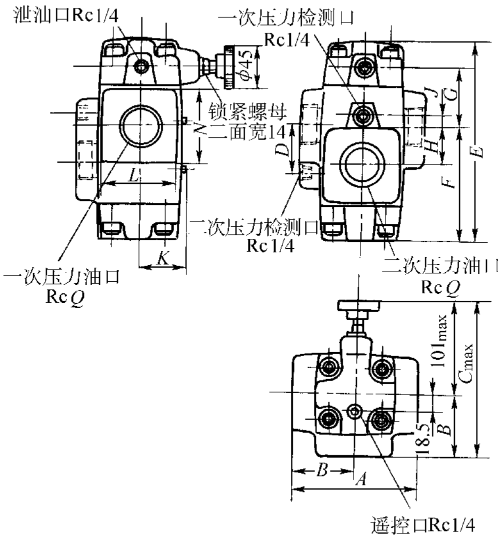
安装面：ISO 5781-AG-06-2-A
　　　　ISO 5781-AH-08-2-A

1—这个油口是为了使阀体与 H 型压力阀通用而加工的，本阀并不使用

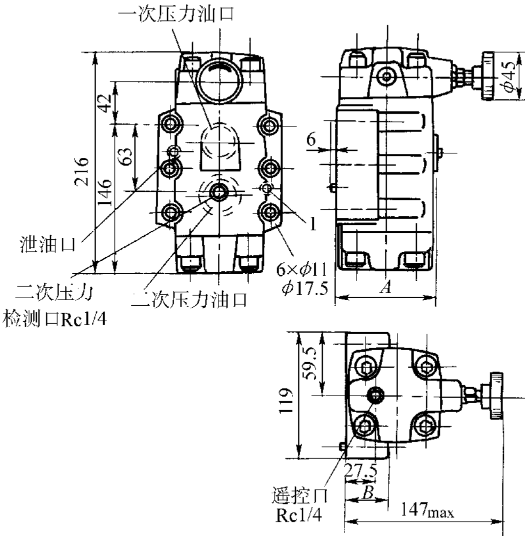
（续）

型　　号	A	B	C	D	E	F	G
R(C)T-06	96	48	149	42	179	97.5	53.5
R(C)T-10	132	66	167	52	216	124	64

型　　号	H	J	K	L	N	Q
R(C)T-06	33	9	39(68)	65	60	¾
R(C)T-10	40	12	46(86)	79	79	1¼



型　　号	A	B
RG-10	92	39
RCG-10	132	79



1—这个油口是为了使阀体与 H 型压力阀通用而加工的，本阀并不使用

安装面：ISO 5781-AJ-10-2-A

2.4.4　X 型先导式减压阀及 XC 型单向减压阀

（1）型号说明

□-□□□(2V)□□□-□□-UB

- 专用密封件：F_3—用于磷酸酯液；无标记—其他液压油
- 名称：X—先导式减压阀
- 单向阀：G—有单向阀；无标记—无单向阀
- 连接型式：G—板式；T—管式
- 2V：高压(板式连接)
- 通径代号：03—10(⅜)；06—20(¾)；10—32(1¼)
- 最高压力：1—0.7MPa；2—14MPa；3—20MPa。A—0.2～3.5MPa；B—0.5～7MPa；G—0.5～14MPa；F—0.5～21MPa；G—0.5～35MPa(适用2V 型)
- 手动调节方式(仅适用板式连接)：K—带锁螺旋装置；M—不带锁螺旋装置；W—螺旋/锁紧螺母
- 流量与减压压力匹配：

通径/mm	代号	最低压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹
10	B	0.52	26
	F	1.04	53
20	B	0.52	57
	F	1.38	114
32	B	0.69	95
	F	1.55	284

- 设计号：20 系列(20～29 系列安装连接尺寸不变)；10 系列(10～19 系列安装连接尺寸不变)适合 2V 型
- 油口螺纹：UB—G 直管螺纹

(2) 技术规格(见表 22.7-45)

表 22.7-45　技术规格

通径代号		03	06	10
通径/mm		10	20	32
最大工作压力进油口/MPa	管式	21	21	21
	板式		35	
最大工作压力泄油口/MPa	管式	0.17	0.17	0.17
	板式	0.17	0.2	0.17
最大流量/L·min^{-1}		53	114	284

通径代号		03	06	10
介质		矿物液压油、高水基、水乙二醇磷酸酯液		
介质粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$		推荐 13 ~ 54 一般为 10 ~ 500		
介质温度/℃		-20 ~ 70		
重量/kg	X 型	3.2	5.6(管式) 4.8(板式)	12.1
	XG 型	—	5.9(管式) 4.8(板式)	13

(3) 外形尺寸(见表 22.7-46 ~ 表 22.7-48)

表 22.7-46　XT-03 和 X(C)T-06/10 管式连接外形尺寸　　(mm)

型　　号	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*
XT-03	142.2	116.8	69.1	46	39.6	69.4	—	69.9	35.1	G⅜
X(C)T-06	176.5	151.1	96.8	69.9	39.6	87.2	106.4	92.2	50.8	G¾
X(C)T-10	211.2	182.6	109.7	81	68.3	117.3	147.6	117.3	86.4	G1¼

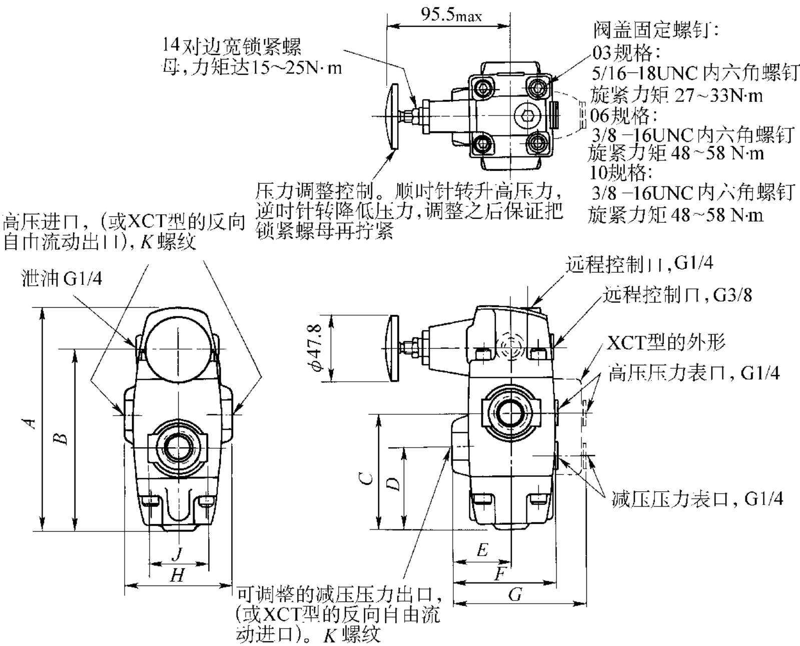


表 22.7-47　X(C)G2V-6/8 板式连接外形尺寸　(mm)

型　　号	C	D	E	F	H
X(C)G2V-6	42.0	66.0	10.0	89.0	92.0
X(C)G2V-8	40.0	77.0	11.0	104.0	107.0

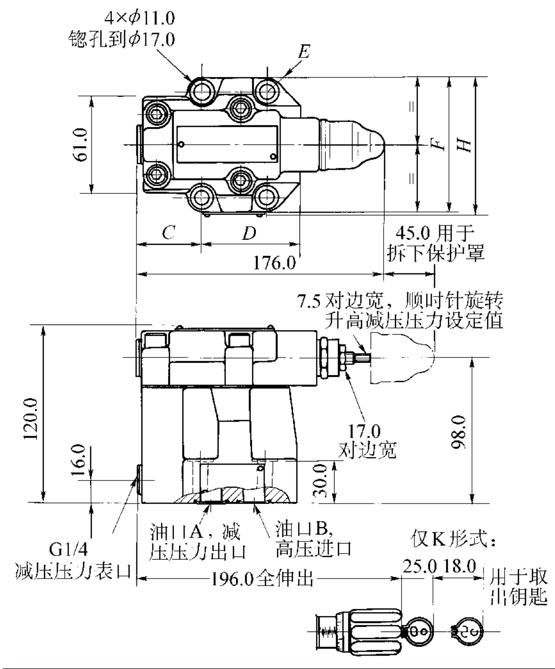
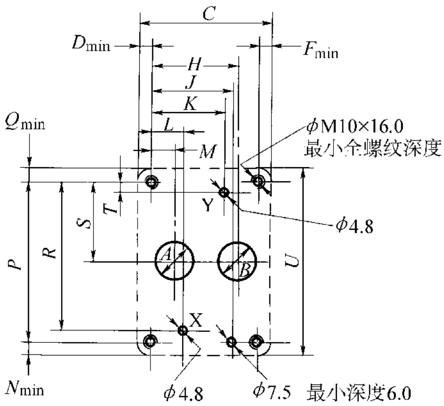


表 22.7-48　连接尺寸　(mm)

规格	A 直径	B 直径	C	D_{min}	F_{min}	H	J	K
06	14.7	14.7	61.0	9.0	9.0	35.7	31.8	21.4
08	23.4	23.4	78.0	8.8	8.8	49.2	44.5	39.7

规格	L	M	N_{min}	P	Q_{min}	R	S	T	U
06	21.4	7.1	10.0	66.7	10.0	58.7	33.3	7.9	87.0
08	20.6	11.1	10.8	79.4	10.8	73.0	39.7	6.4	101.0



2.4.5　PRV 型减压阀及 PRCV 型单向减压阀

（1）型号说明

PR(C)V　-G　03　-1　-10

- PR(C)V：PRV：减压阀；PRCV：单向减压阀
- -G：安装方式　G：板式安装　T：管式安装
- 03：公称通径　03：10 通径　06：20 通径　10：32 通径
- -1：调压范围　1：~7MPa　2：3.5 ~ 14MPa　3：7.0 ~ 25MPa
- -10：设计代号

（2）技术规格(见表 22.7-49)

表 22.7-49　技术规格

型　　号	最高压力/MPa	最大流量/L·min^{-1}	调压范围/MPa
PR(C)V-G/T03-**	25	50	1：~7MPa 2：3.5 ~14MPa 3：7.0 ~25MPa
PR(C)V-G/T06-**		125	
PR(C)V-G/T10-**		250	

（3）特性曲线(见图22.7-35)

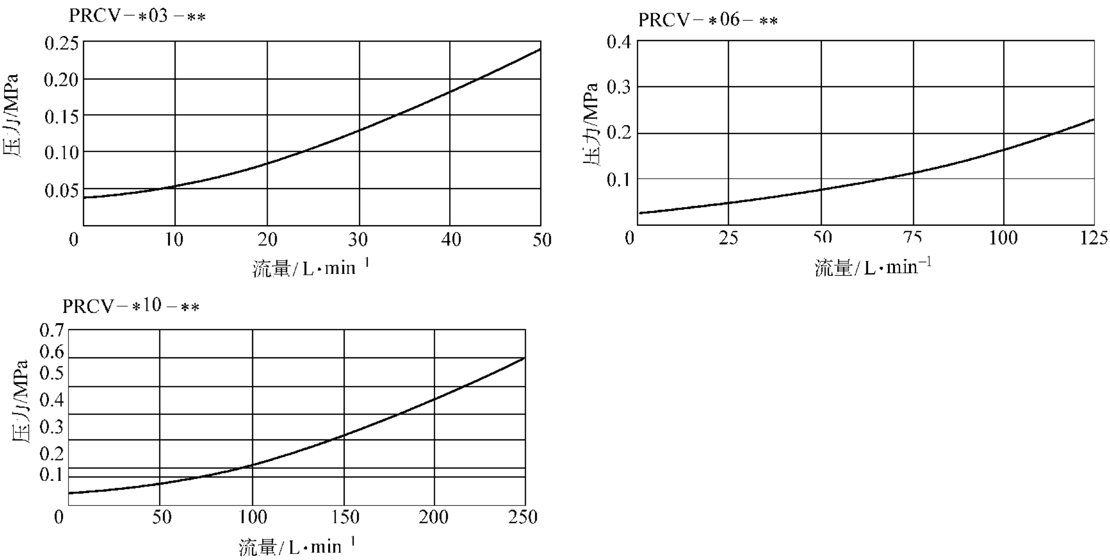


图22.7-35 反向流动压降特性曲线

（4）外形尺寸(见表22.7-50)

表22.7-50 外形尺寸 （mm）

PRV-G03/06-**-**

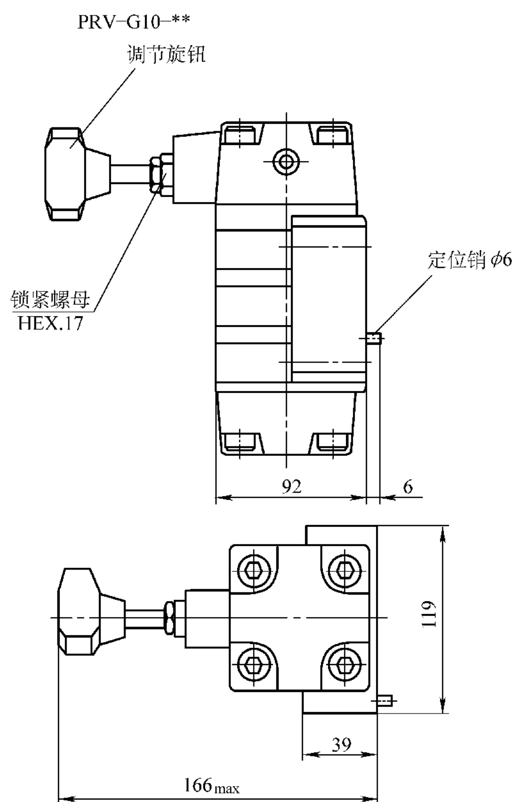
G03安装面：ISO 5781-AG-06-2-A
G06安装面：ISO 5781-AH-08-2-A

调节旋钮
锁紧螺母 HEX.17
进油口
泄油口
出油口
压力表接口
通孔4×ϕ11
沉孔ϕ17.5 ▼1

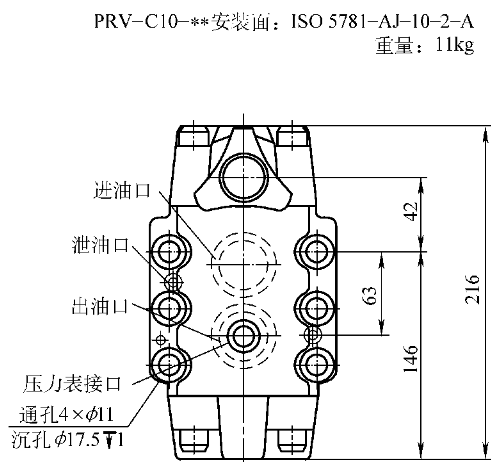
型 号	A_{max}	B	C	D	E	F	G	H	J	重量/kg
PRV-G03-**	164	42	89	44.5	67	155.5	92.4	40.6	35	4.5
PRV-G06-**	165.8	42	100	50	74	182	111	40	48	6.8

（续）

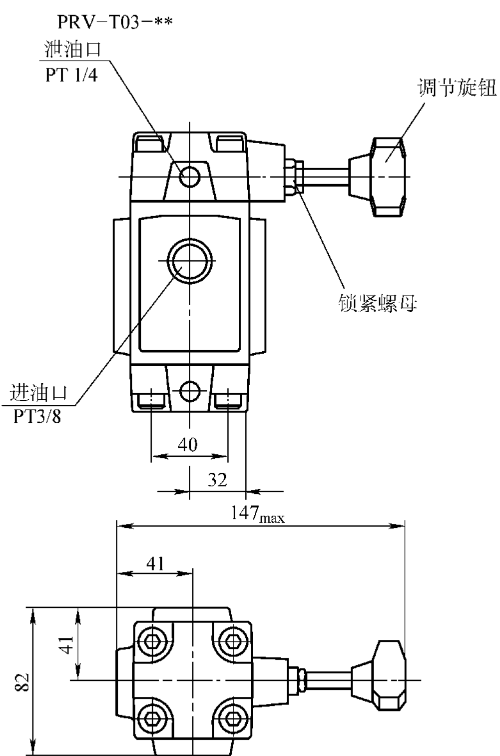
PRV-G10-**



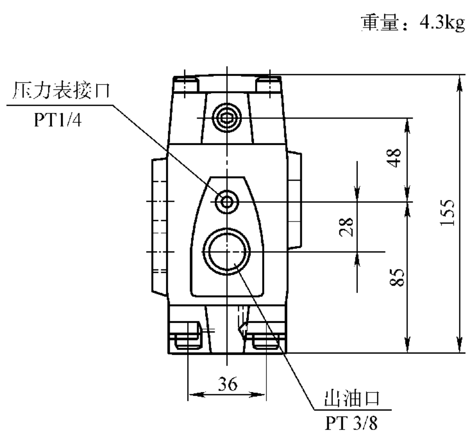
PRV-C10-**安装面：ISO 5781-AJ-10-2-A
重量：11kg



PRV-T03-**



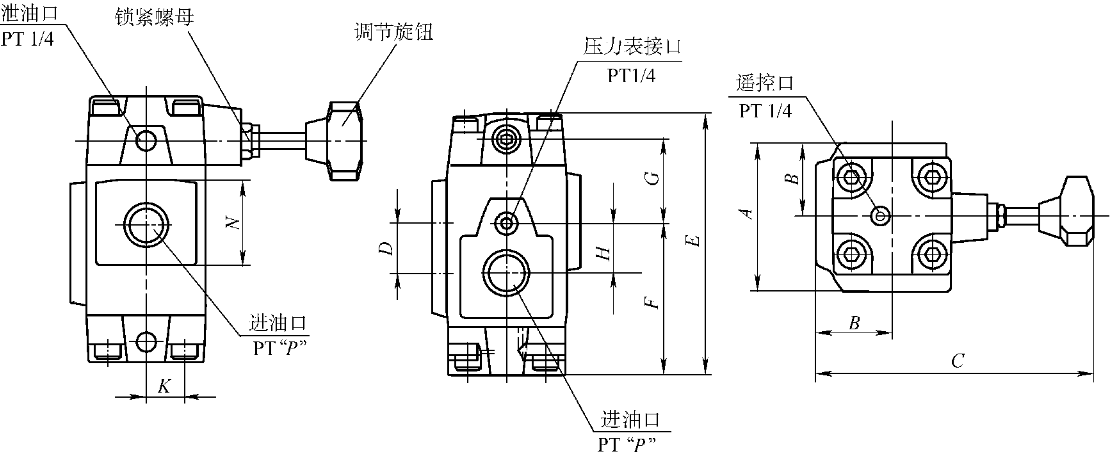
重量：4.3kg



（续）

PRV-T06/10-＊＊-＊＊

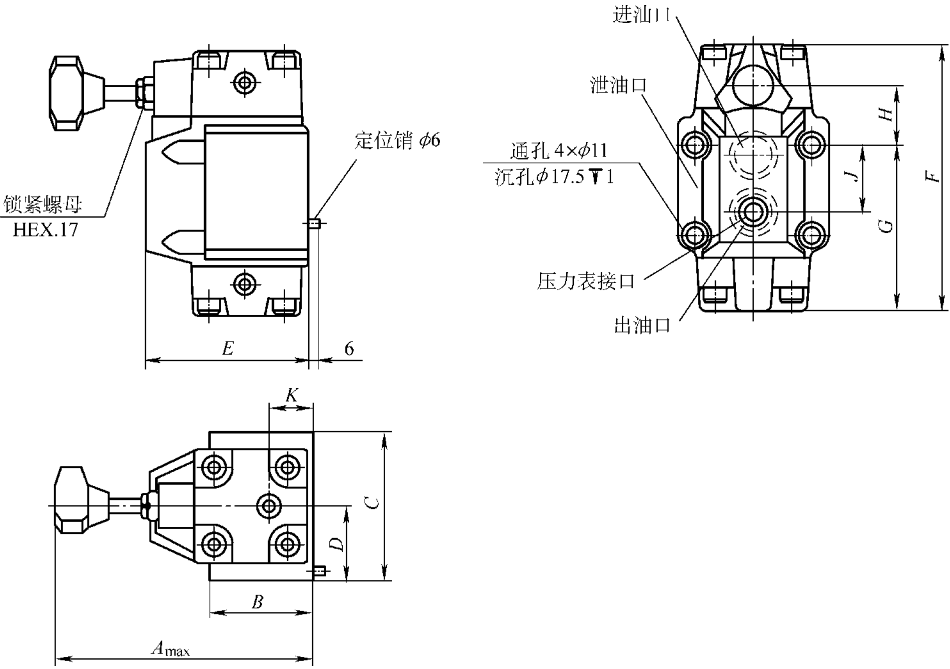
型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	K	N	P	重量/kg
PRV-T06-＊＊	94.8	47.4	150	44.2	183	109	53.5	44.2	39	62	3/4	6.0
PRV-T10-＊＊	132	66	167	52	216	124	64	40	50	79	1-1/4	12.0



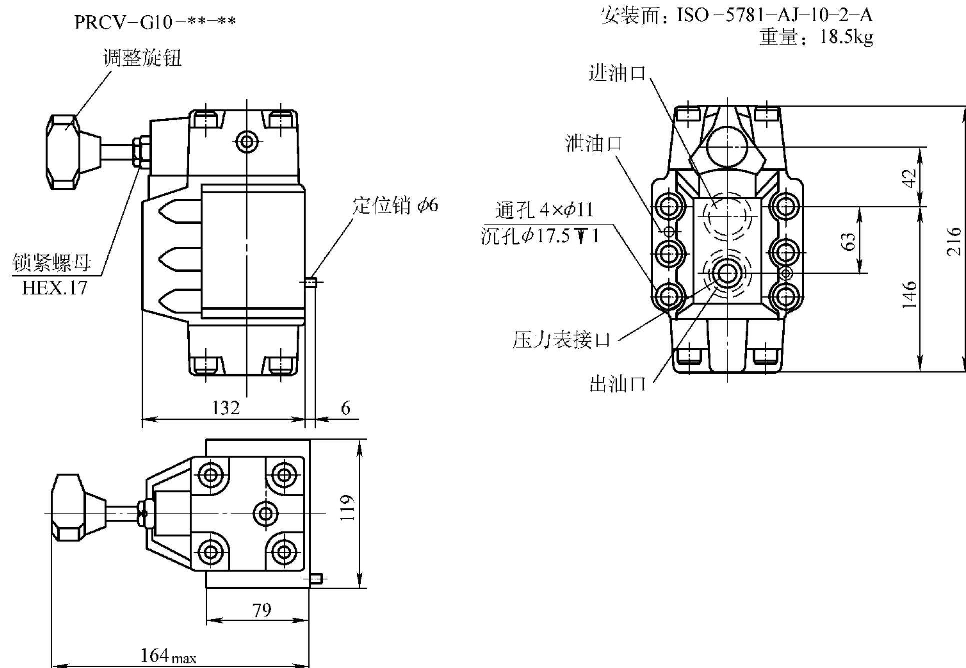
RPCV-G03/06-＊＊-＊＊

G03 安装面：ISO 5781-AG-06-2-A
G06 安装面：ISO 5781-AH-08-2-A

型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	重量/kg
PRCV-G03-＊＊	164	61	90	45	88	155	92.4	45	34.9	25	4.8
PRCV-G06-＊＊	164	70.5	104	52	109	182	111	40	48	21.5	7.8

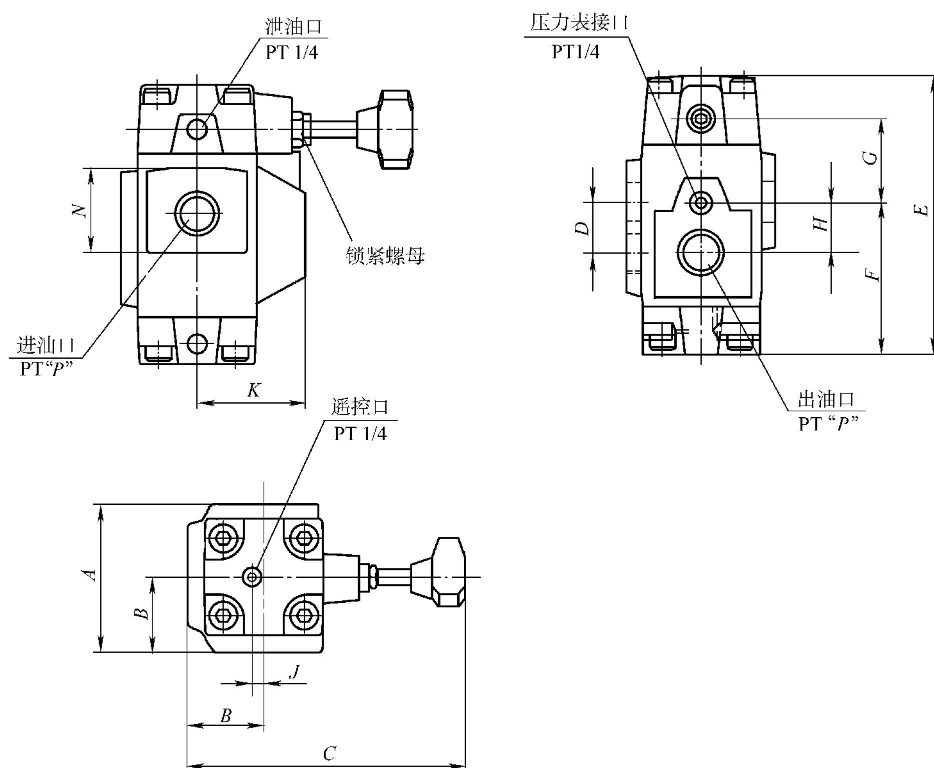


（续）



PRCV-T06/10-＊＊-＊＊

型　号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	N	P	重量/kg
PRCV-＊T06	94	48	150	42	179	97.5	44.5	42	9	66	62	3/4	7.8
PRCV-＊T10	137	68.5	167	52	216	124	52	52	12	84	79	1-1/4	14.4



（5）安装附件(见表 22.7-51)

表 22.7-51　安装附件

型　　号	内六角螺钉	数量	安 装 阀 板
PRV-G03-＊＊	M10×50	4	SVM-03 系列
PRCV-G03-＊＊	M10×80	4	
PRV-G6-＊＊	M10×50	4	SVM-06 系列
PRCV-G6-＊＊	M10×80	4	
PRV-G10-＊＊	M10×60	6	SVM-10 系列
PRCV-G10-＊＊	M10×100	6	

2.5　顺序阀

2.5.1　DZ※DP 型直动式顺序阀

DZ※DP 型直动式顺序阀以设定压力向次级压力系统供油。

（1）型号说明

DZ □ DP □-□/□ □ □ □ □

- 名称：顺序阀
- 通径/mm：5，6，10
- 控制及连接型式：直动式，底板连接
- 调节方式：1—调节旋钮；2—带保护罩的六角设定螺钉；3—带锁旋钮；7—带刻度旋钮
- 系列号：50 系列(规格 6)；40 系列(规格 10)；10 系列(规格 5)
- 最高控制压力代号：25—2.5MPa；75—7.5MPa；150—15MPa；210—21MPa；315—31.5MPa(只用于不带单向阀的型号,规格 5)
- 控制油型式：无标记—内部控制，内部泄油；X—外部控制，内部泄油；Y—内部控制，外部泄油；XY—外部控制，外部泄油
- 带单向阀：无标记—带单向阀；M—不带单向阀
- 工作介质：无标记—矿物油(按 DIN51524，51525)；V—磷酸酯液
- 其他文字说明

（2）技术规格及特性曲线(见表 22.7-52)

表 22.7-52　技术规格及特性曲线

通径/mm	5	6	10
输入压力，油口 P，B(X)/MPa	≤21.0 不带单向阀 ≤31.5	≤31.5	≤31.5
输出压力，油口 A/MPa	≤31.5	≤21.0	≤21.0
背压，油口(Y)/MPa	≤6.0	≤16.0	≤16.0
液压油	矿物油(DIN51524)磷酸酯酯液		
油温范围/℃	-20～70	-20～80	-20～80
粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	2.8～380	10～380	10～380
过滤精度	NAS1638-9 级		
最大流量/$L \cdot min^{-1}$	15	60	80

（3）外形尺寸(见图 22.7-36 ~ 图 22.7-38)

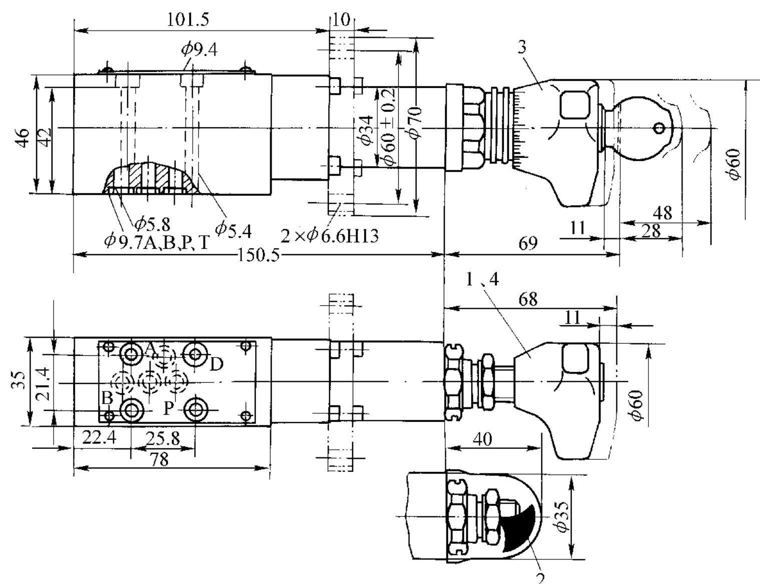


图 22.7-36　DZ5DP 型直动式顺序阀外形尺寸

1—“1”型调节件　2—“2”型调节件　3—“3”型调节件　4—重复设定刻度和刻度环

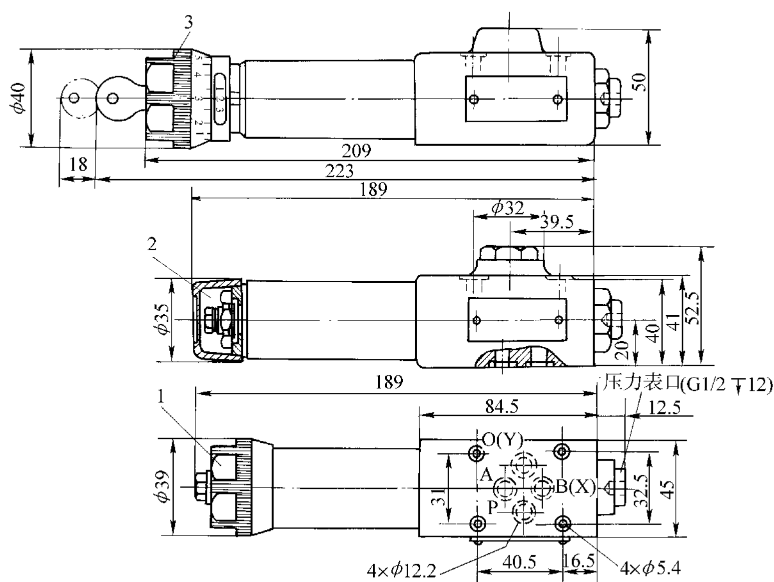


图 22.7-37　DZ6DP 型直动式顺序阀外形尺寸

1—调节方式“1”　2—调节方式“2”　3—调节方式“3”

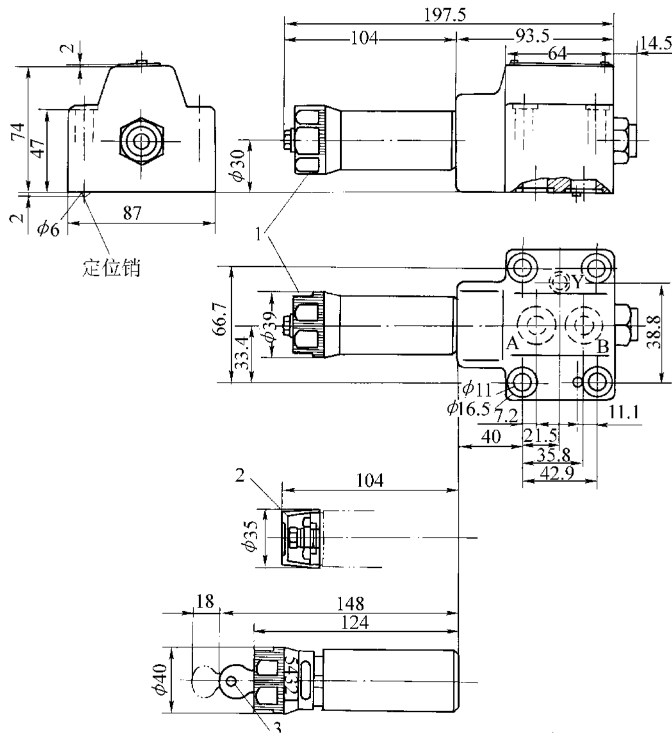


图 22.7-38　DZ10DP 型直动式顺序阀外形尺寸

1—调节方式“1”　2—调节方式“2”　3—调节方式“3”

2.5.2　DZ 型先导式顺序阀

该阀利用油路本身压力来控制液压缸或液压马达的先后动作顺序，以实现油路系统的自动控制。改变控制油和泄漏油的连接方法，该阀还可作为卸荷阀和背压阀(平衡阀)使用。

(1) 结构原理

图 22.7-39 是 DZ…-30/210 型先导式顺序阀作背压阀用的结构原理图。A 腔的压力油由通道 1 通过阻尼器 5 作用在先导阀 7 的先导控制活塞 6 上；同时 A 腔的压力油通过阻尼器 11 作用在主阀芯 2 的上腔。当 A 腔压力升高超过调压弹簧 9 的调定值时，先导控制活塞朝调压弹簧 9 的方向移动。此时由 A 腔经阻尼器 11 进入主阀芯 2 上腔的油再通过阻尼器 4、控制边 8 和通道 3 流到 B 腔。这样在主阀芯 2 上形成的压力差使主阀芯打开，把 A 腔与 B 腔接通。在调压弹簧 9 的作用下可保持 A 腔压力为调定值。控制活塞上的泄漏油通过内部通道 10 流到 B 腔。若从 B 腔向 A 腔回油，可选择带有内装单向阀的结构。

图 22.7-40 是 DZ…-30/210X 型先导式顺序阀作背压阀的结构原理图。这种阀的工作原理与 DZ…-30/210 型相同，只是控制油输入方式不同。DZ…-30/210X 型阀的控制油是通过通道 1 从外部输入的。

图 22.7-41 是 DZ…-30/210Y 型先导式顺序阀作顺序阀的结构原理图。这种阀的工作原理与 DZ…-30/210 型相同，只是控制活塞处泄漏油排出的方式不同。因顺序阀 A 腔和 B 腔都通压力油，所以控制活塞处的泄漏油必须由通道 1 或者 12 在无背压的情况下排回油箱。主阀芯上腔的控制油经过通道 7 排到 B 腔。

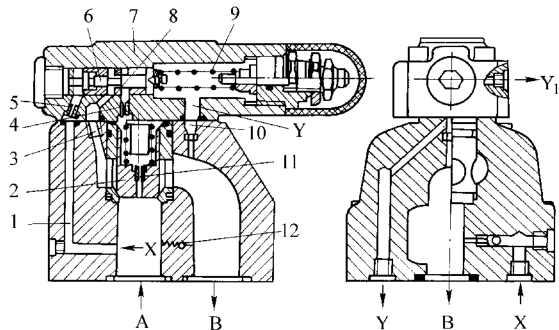


图 22.7-39　DZ…-30/210 型先导式顺序阀结构原理图(作背压阀用,内供内排)

1、3、10—通道　2—主阀芯　4、5、11—阻尼器　6—先导控制活塞　7—先导阀　8—控制边　9—调压弹簧　12—单向阀

图 22.7-42 是 DZ…-30/210XY 型先导式顺序阀作卸荷阀的结构原理图。外来的控制压力油由 X 腔经过通道 5、阻尼器 7 作用在先导阀 10 的控制活塞 8 上；同时 A 腔的压力油通过阻尼器 1 作用在主阀芯 2

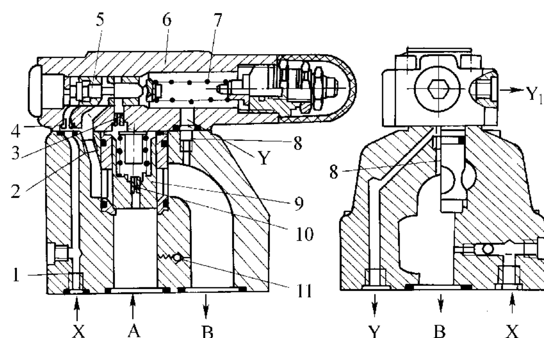


图 22.7-40　DZ…-30/210X 型先导式顺序阀结构原理图(作背压阀用,外供内排)
1、2、8—通道　3、4、10—阻尼器　5—先导控制活塞　6—先导阀　7—调压弹簧　9—主阀芯　11—单向阀

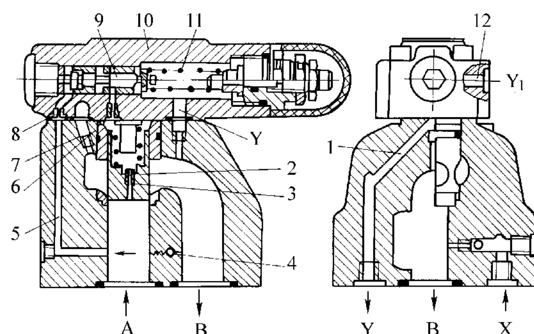
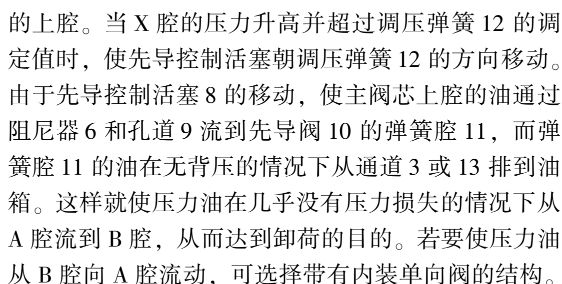


图 22.7-41　DZ…-30/210Y 型先导式顺序阀结构原理图(作顺序阀用,内供外排)
1、5、7、12—通道　2—主阀芯　3、6、8—阻尼器　4—单向阀　9—先导控制活塞　10—先导阀　11—调压弹簧



的上腔。当 X 腔的压力升高并超过调压弹簧 12 的调定值时，使先导控制活塞朝调压弹簧 12 的方向移动。由于先导控制活塞 8 的移动，使主阀芯上腔的油通过阻尼器 6 和孔道 9 流到先导阀 10 的弹簧腔 11，而弹簧腔 11 的油在无背压的情况下从通道 3 或 13 排到油箱。这样就使压力油在几乎没有压力损失的情况下从 A 腔流到 B 腔，从而达到卸荷的目的。若要使压力油从 B 腔向 A 腔流动，可选择带有内装单向阀的结构。

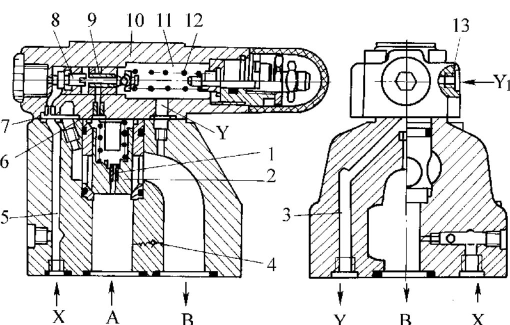
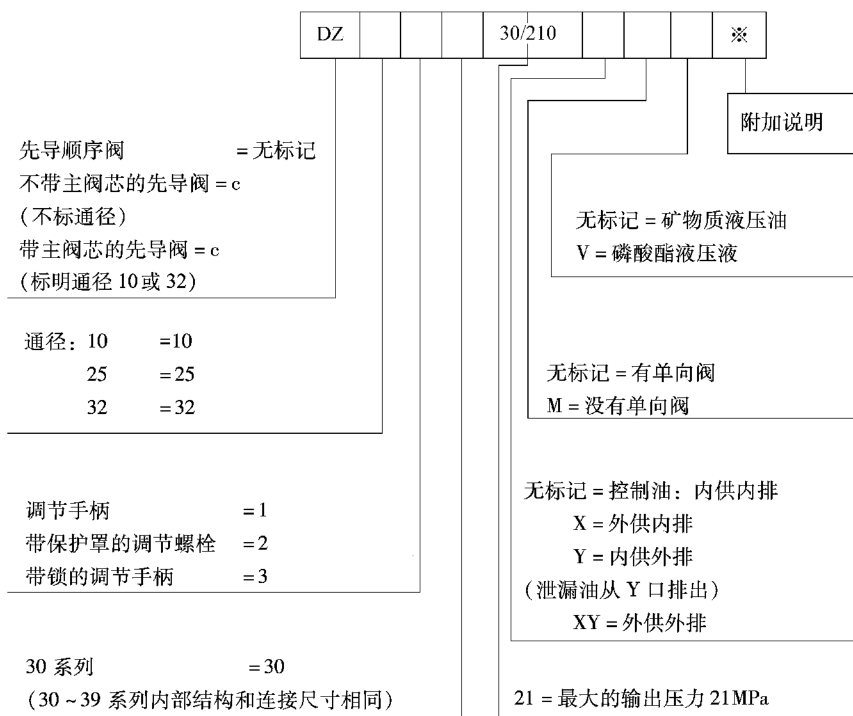


图 22.7-42　DZ…-30/210XY 型先导式顺序阀结构原理图(作卸荷阀用,外供外排)
1、6、7—阻尼器　2—主阀芯　3、5、13—通道　4—单向阀　8—先导控制活塞　9—孔道　10—先导阀　11—弹簧腔　12—调压弹簧

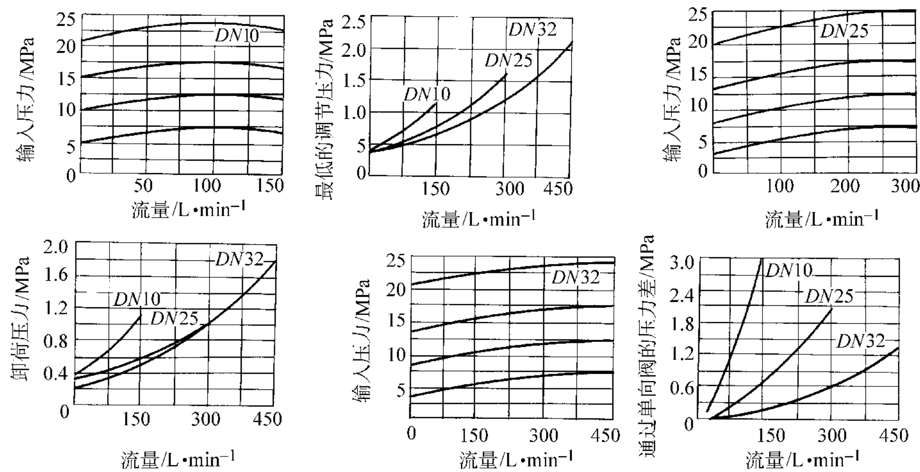
(2) 型号说明



(3) 技术规格及特性曲线(见表22.7-53)

表22.7-53 技术规格及特性曲线

通径/mm	10	25	32	通径/mm	10	25	32
介质	矿物质液压油、磷酸酯液			连接口Y的背压/MPa	≤31.5		
介质温度范围/℃	-20~70			顺序阀动作压力/MPa	0.3(与流量有关)~21		
介质粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	2.8~380			流量/$L \cdot min^{-1}$	≈150	≈300	≈450
油口A、B、X的工作压力/MPa	≤31.5						

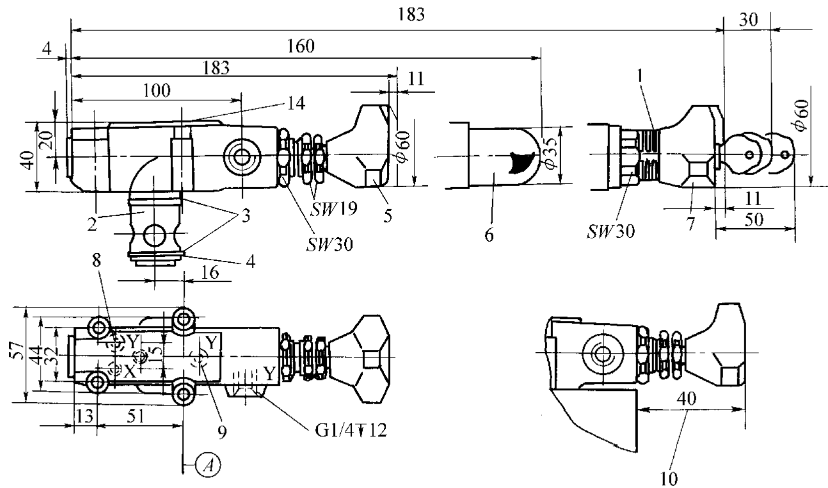


试验条件：$\nu=36\times10mm^2/s$；$t=50$℃；曲线适用于控制油无背压外部回油的工况，当控制油内排时，输入压力大于输出压力

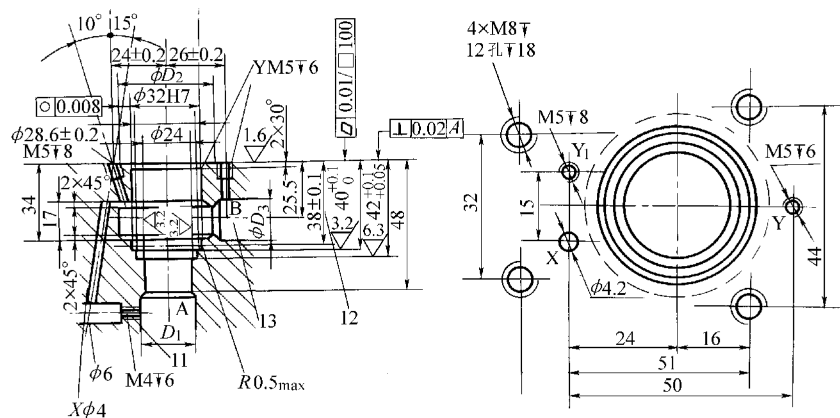
(4) 外形尺寸(见表22.7-54~表22.7-56)

表22.7-54 插入式连接外形尺寸 (mm)

通径	D_1	ϕD_2	ϕD_3	重量/kg	阀的安装螺栓(须单独订货)	转矩/N·m	丁腈橡胶(零件号)
10	10	40	10	1.4	4个 M8×40	31	303 385
25	25	45	25	1.4			
32	32	45	32	1.4			



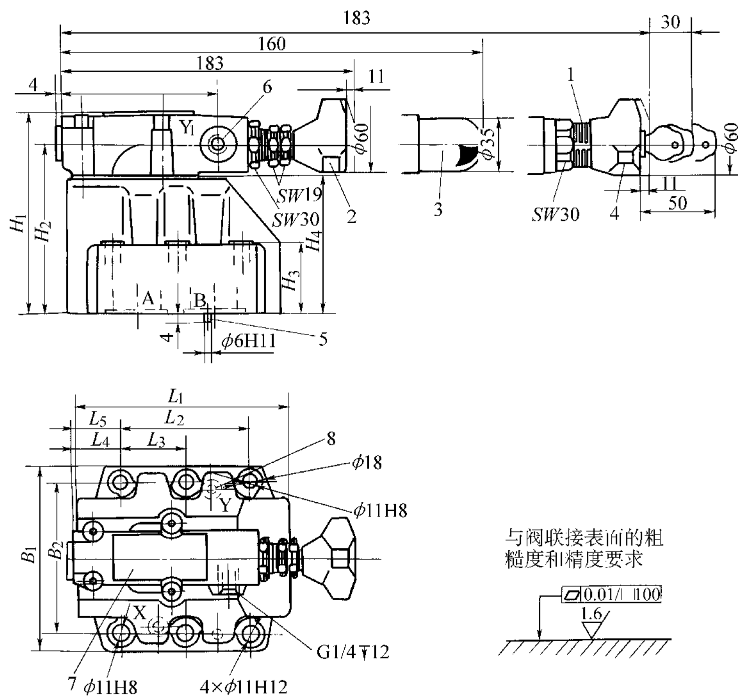
（续）



1—调节刻度套　2—插入式主阀芯　3—O 形圈 27.3×2.4　4—密封挡圈 32/28.4×0.8　5—调压方式“1”　6—调节方式“2”　7—调节方式“3”　8—油口 Y_1（作为背压阀或顺序阀时的控制油外排口）　9—油口 Y（作为卸荷阀或顺序阀时弹簧腔的控制油外排口）　10—使用调节方式“1”、“3”时手柄到阀体的最小尺寸　11—作为卸荷阀使用时此孔堵住　12—装配深度　13—D_3 孔允许在 D_2 孔的任何位置相通，但是不能损坏控制油口 X 和固定用螺孔

表 22.7-55　板式连接外形尺寸　（mm）

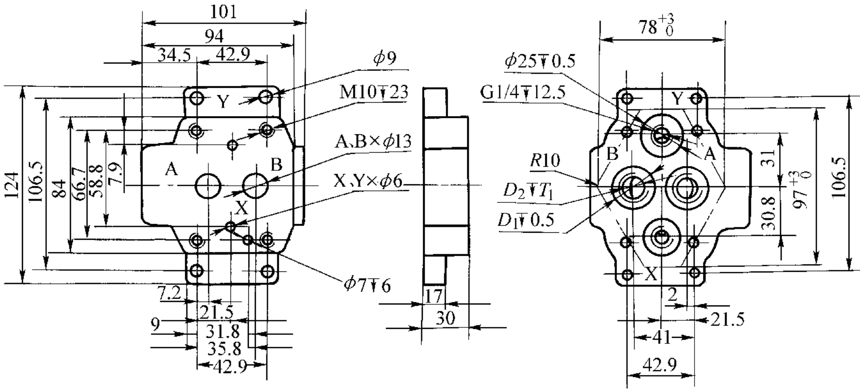
通径	B_1	B_2	H_1	H_2	H_3	H_4	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	O 形圈 X、Y 口	O 形圈 A、B 口	重量 /kg
10	85	66.7	112	92	28	72	90	42.9	—	35.5	34.5	9.25×1.78	17.12×2.62	3.6
25	102	79.4	122	102	38	82	112	60.3	—	33.5	37	9.25×1.78	28.17×3.53	5.5
32	120	96.8	130	110	46	90	140	84.2	42.1	28	31.3	9.25×1.78	34.52×3.53	8.2



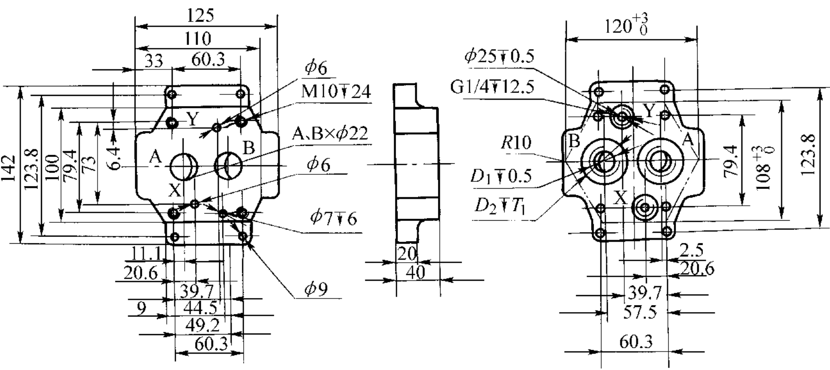
1—调节刻度套　2—调节方式“1”　3—调节方式“2”　4—调节方式“3”　5—定位销　6—油口 Y_1（作为背压阀或顺序阀时的控制油外排口）　7—标牌　8—油口 Y（作为卸荷阀或顺序阀时弹簧腔的控制油外排口）

表 22.7-56　连接板尺寸　　　　（mm）

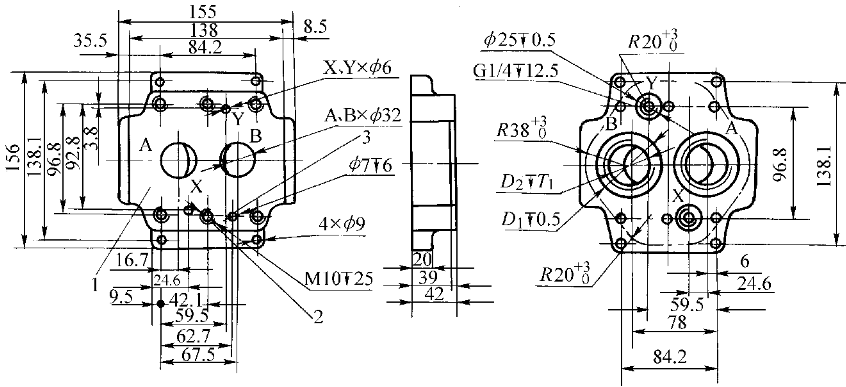
通径	型号	D_1	D_2	T_1	阀的安装螺钉	转矩/N·m	重量/kg
10	G460/1	28	G3/8	12.5	4 个 M10×50（须预先订货）	69	1.7
	G461/1	34	G1/2	14.5			



通径	型号	D_1	D_2	T_1	阀的安装螺钉	转矩/N·m	重量/kg
25	G412/1	42	G3/4	16.5	4 个 M10×60（须预先订货）	69	3.3
	G413/1	47	G1	19.5			



通径	型号	D_1	D_2	T_1	阀的安装螺钉	转矩/N·m	重量/kg
32	G414/1	56	G1¼	20.5	6 个 M10×70（须预先订货）	69	5
	G415/1	61	G1½	22.5			



1—阀安装面　2—阀安装螺孔　3—定位孔

2.5.3　H 型顺序阀/HC 型单向顺序阀

本元件是可以内控和外控的具有压力缓冲功能的直动型压力控制阀。通过不同组装，可作为低压溢流阀、顺序阀、卸荷阀、单向顺序阀、平衡阀使用。

（1）型号说明

H※-□-□-□-□-□-22

- 名称：H—顺序阀；HC—单向顺序阀
- 连接型式：T—管式；G—板式
- 通径代号：03、06、10
- 调压范围 MPa：L—0.25～0.45；M—0.45～0.9；N—0.9～1.8；A—1.8～3.5；B—3.5～7；C—7～14
- 阀控制型式：1—内部先导，内部泄油；2—内部先导，外部泄油；3—外部先导，外部泄油；4—外部先导，内部泄油
- 辅助先导口：P—反带辅助先导口时标注
- 设计号

（2）技术规格(见表 22.7-57)

表 22.7-57　技术规格

通径代号	通径/mm	最大工作压力/MPa	最大流量/L·min^{-1}	重量/kg			
				HT	HG	HCT	HCG
03	10	21	50	3.7	4.0	4.1	4.8
06	20		125	6.2	6.1	7.1	7.4
10	30		250	12.0	11.0	13.8	13.8

（3）外形尺寸(见表 22.7-58、59)

表 22.7-58　H(C)T 型顺序阀外形尺寸　(mm)

型　号	A	B	C	D	E_{max}	F	G	H	J	K	L	N	Q
H(C)T-03	41	82	60	74(96)	191	57	106	43	70	0	28	28	⅜
H(C)T-06	48	96	73	87(116)	221	64.5	123.5	50.5	80.5	9	33	42	¾
H(C)T-10	66	132	86	112(152)	272	84	149	66	98	12	40	52	¼

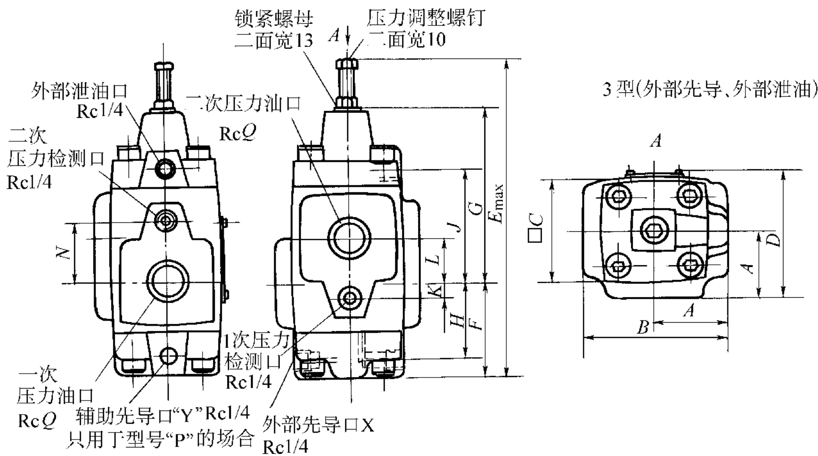


表 22.7-59　H(C)G 型顺序阀外形尺寸　(mm)

型　号	A	B	C	D	E	F_{max}	G	H	型号	A	B
H(C)G-03	60	67(90)	35	39(59)	89	191	163	49.6	HG-10	92	39
H(C)G-06	73	79(103)	40	39(69)	102	221	188	51	HCG-10	132	79

（续）

安装面与下面 ISO 标准一致
H(C)G-03:ISO 5781-AG-06-2-A
H(C)G-06:ISO 5781-AH-08-2-A

安装面与 ISO 5781-AJ-10-2-A 一致

（4）安装底板（见表 22.7-60 ~ 表 22.7-62）

表 22.7-60　安装底板型号

型　　号	底板型号	连接口	重量/kg	型　　号	底板型号	连接口	重量/kg
H(C)G-03-※※-22	HGM-03-20	Rc⅜	1.6	H(C)G-06-※※-P-22	HGM-06-P-20	Rc¾	2.4
	HGM-03X-20	Rc½			HGM-06X-P-20	Rc1	3.0
H(C)G-03-※※-22	HGM-03-P-20	Rc⅜	2.0	H(C)G-10-※※-22	HGM-10-20	Rc1¼	4.8
	HGM-03X-P-20	Rc½			HGM-10X-20	Rc1½	5.7
H(C)G-06-※※-22	HGM-06-20	Rc¾	2.4	H(C)G-10-※※-P-22	HGM-10-P-20	Rc1¼	4.8
	HGM-06X-20	Rc1	3.0		HGM-10X-P-20	Rc1½	5.7

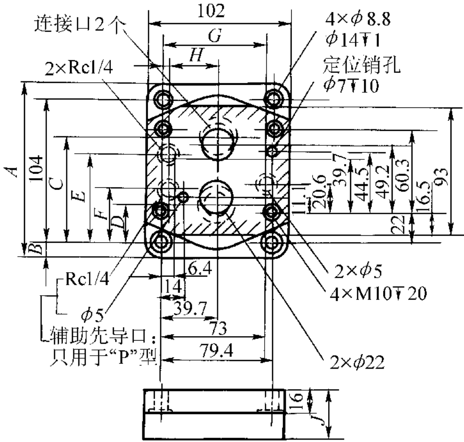
表 22.7-61　HGM-03 型安装底板尺寸　　（mm）

底板型号	连接口	A	B	C	D	E	F	G
HGM-03-20	Rc⅜	61	21	40.9	—	35	9.6	32
HGM-03X-20	Rc½							
HGM-03-P-20	Rc⅜	69.5	12.5	53.5	28.5	35	11.5	36
HGM-03X-P-20	Rc½	67.5	14.5			41		

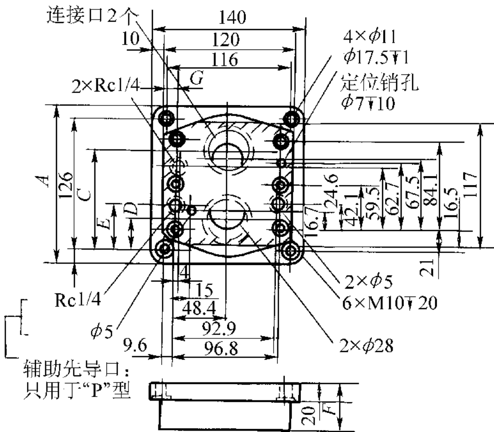
表 22.7-62　HGM-06/10 型安装底板尺寸　（mm）

底板型号	连接口	A	B	C	D	E	F	G	H	J
HGM-06-20	Rc¾	124	10	77	27	61.7	—	73	6.4	36
HGM-06X-20	Rc1	136	16	82.3	22	61.7	—	73	6.4	45
HGM-06-P-20	Rc¾	124	10	77	27	64	39	73	3	36
HGM-06X-P-20	Rc1	136	16	82.3	22	64	39	75	3	45

底板型号	连接口	A	B	C	D	E	F	G
HGM-10-20	Rc1¼	155	12	96	30	—	45	13.6
HGM-10X-20	Rc1½	177	25.5	104	22	—	50	13.6
HGM-10-P-20	Rc1¼	150	12	96	30	43	45	9.6
HGM-10X-P-20	Rc1½	177	25.5	104	22	43	50	9.6



HGM-06 型安装底板

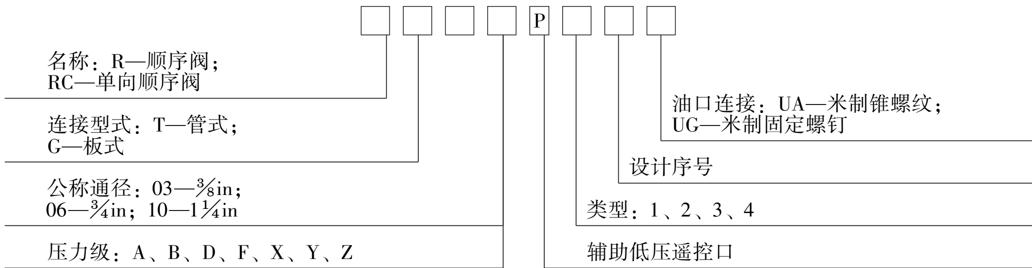


HGM-10 型安装底板

2.5.4　R 型顺序阀/RC 型单向顺序阀

本系列顺序阀为常闭式元件，采用压力驱动的滑阀式结构。当控制压力未达到调定压力之前，此阀关闭；当控制压力达到调定值后，此阀开启，油流进入二次压力油路，使下一级元件动作。

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.7-63）

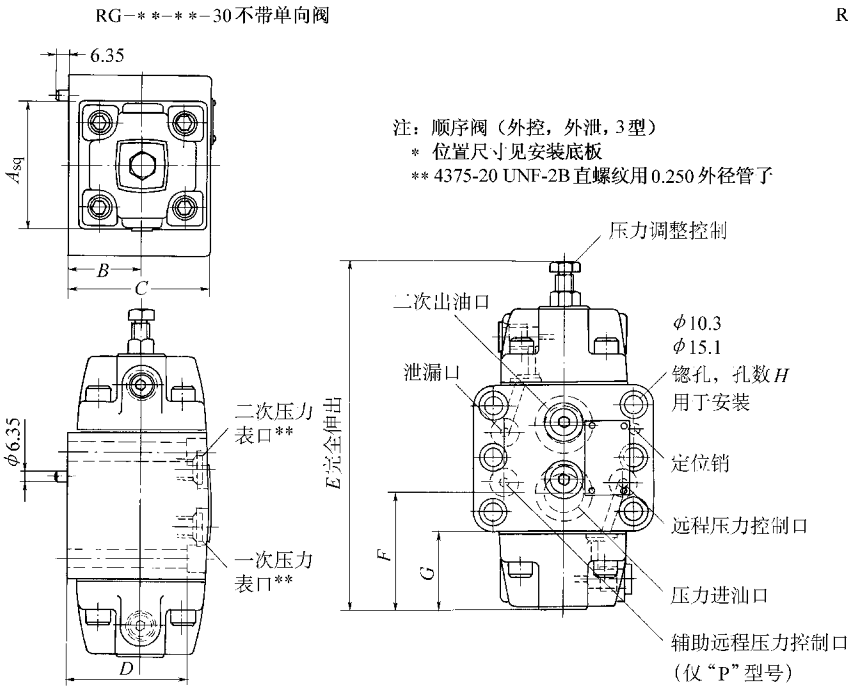
表 22.7-63　技术规格

型　号	通径/in	额定流量/L·min⁻¹	最高压力/MPa		压力级/MPa（调压范围）
			主油口	遥控口	
R/RC ※-03-※	⅜	45	21	14	A：0.5～1.7 B：0.9～3.5 D：1.7～7 F：3.5～14 X：0.07～0.2 Y：0.14～0.4 Z：0.24～0.9
R/RC ※-06-※	¾	114			
R/RC ※-10-※	1¼	284			

（3）外形尺寸(见表 22.7-64、表 22.7-65)

表 22.7-64　板式连接外形尺寸　（mm）

型　　号	A_{sq}	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	NFPA 接口
R(C)G-03-＊＊-30	57.2	36.6	68.1	55.9	178.6	47.5	30.0	4	90.4	P03
R(C)G-06-＊＊-30	71.4	41.1	79.2	73.7	201.4	67.6	45.2	4	98.6	P06
R(C)G-10-＊＊-30	95.2	50.8	100.1	90.2	282.2	71.6	44.4	6	130.0	P10



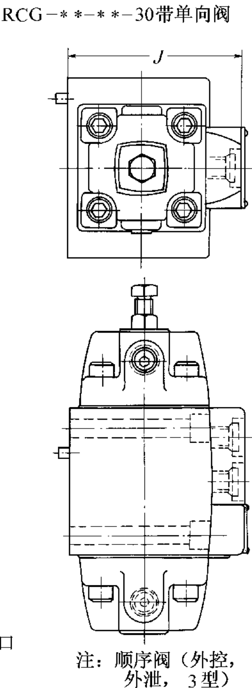
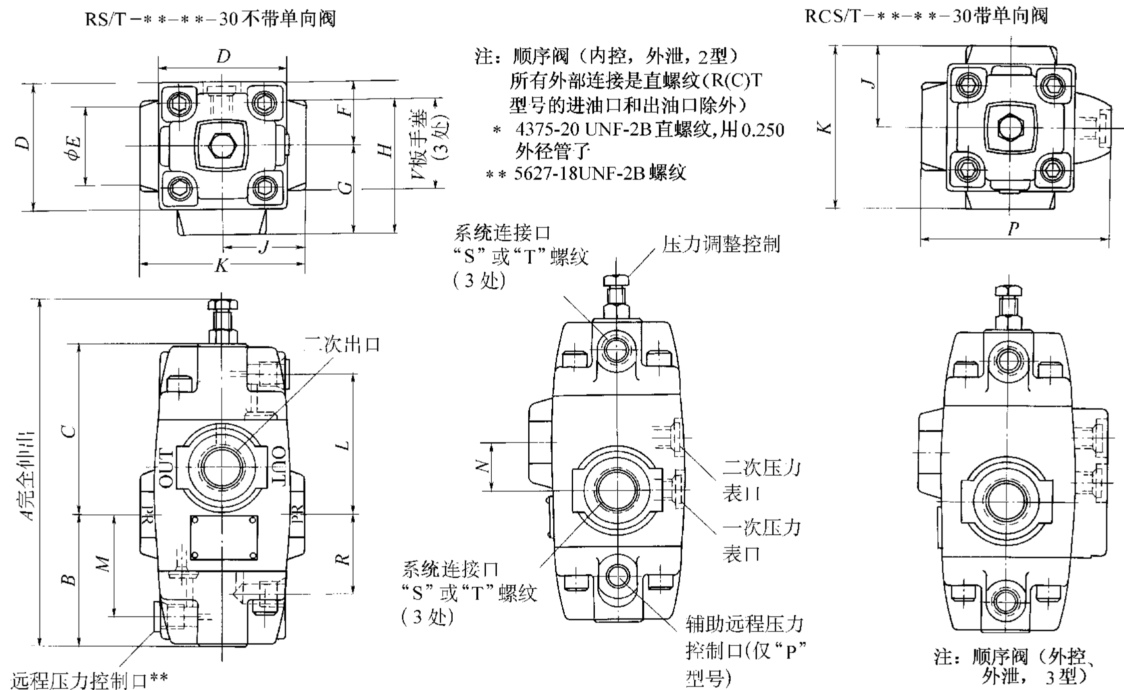


表 22.7-65　管式连接外形尺寸　（mm）

型　　号	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*
R(C)S/T-03-＊＊-30	178.6	53.3	96.8	59.4	35.1	29.7	39.6	70.9	35.1	69.8
R(C)S/T-06-＊＊-30	201.4	75.4	97.8	74.7	47.8	37.3	50.8	88.1	47.8	95.2
R(C)S/T-10-＊＊-30	282.2	84.1	154.2	98.6	82.6	49.3	68.3	117.6	53.8	108.0
R(C)S/T-12-＊＊-30	282.2	84.1	154.2	98.6	82.6	49.3	68.3	117.6	53.8	108.0

型　　号	*L*	*M*	*N*	*P*	*R*	"S" 直螺纹 RS 和 RCS 型号	"T" 直螺纹 RT 和 RCT 型号	*V*
R(C)S/T-03-＊＊-30	58.7	42.9	23.1	93.7	38.9	0.7500-16 UNF-2B	⅜in	35.1
R(C)S/T-06-＊＊-30	79.5	57.2	27.2	108.0	46.7	1.0625-12 UN-2B	¾in	50.8
R(C)S/T-10-＊＊-30	80.3	70.6	28.7	147.6	57.2	1.6250-12 UN-2B	1¼in	86.4
R(C)S/T-12-＊＊-30	80.3	70.6	28.7	147.6	57.2	1.8750-12 UN-2B	1½in	86.4

（续）



（4）安装底板(见表 22.7-66)

表 22.7-66　安装底板　（mm）

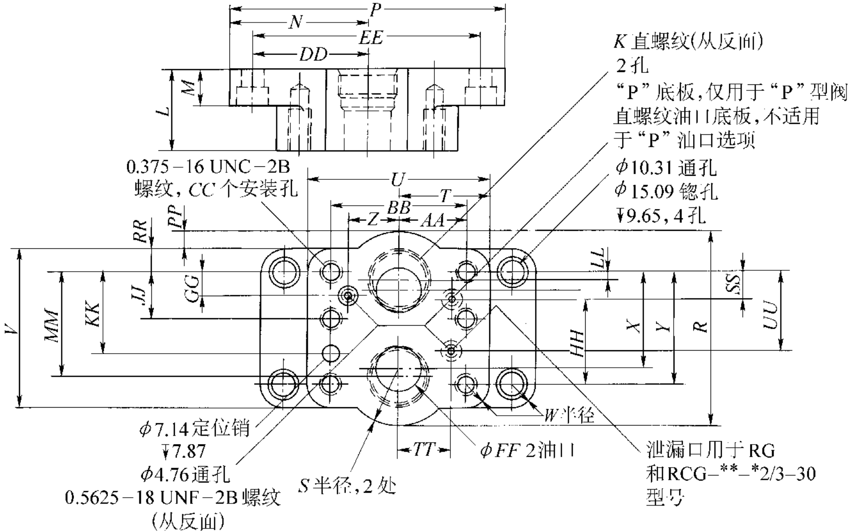
型　号	K	管子外径	L	M	N	P	R	S	T	U	V
RXGM-03S-(P)-20	0.7500-16 UNF-2B	½in	25.4	19.0	63.5	127.0	76.2	23.9	43.7	87.4	63.5
RXGM-06SX-(P)-20	1.3125-12 UN-2B	1in	31.8	19.0	73.2	146.0	117.3	39.6	50.8	101.6	82.6
RXGM-10S-(P)-30	1.6250-12 UN-2B	1¼in	47.8	22.4	79.2	158.8	146.0	47.8	58.7	117.3	104.6

型　号	W	X	±0.13 Y	Z	AA	BB	CC	DD	±0.013 EE	φFF	GG
RXGM-03S-(P)-20	10.4	35.8	42.87	25.4	33.3	66.5	4	53.1	106.37	14.2	21.3
RXGM-06SX-(P)-20	10.2	49.3	60.32	33.3	39.6	79.2	4	62.0	123.82	23.1	20.6
RXGM-10S-(P)-30	10.4	67.6	84.12	44.4	48.5	96.8	6	69.1	138.12	28.4	24.6

型　号	HH	JJ*	KK	LL	MM	PP	RR	SS	TT	UU	NFPA接口
RXGM-03S-(P)-20	28.4	—	31.8	4.8	38.1	6.4	10.4	—	25.4	21.3	P03
RXGM-06SX-(P)-20	38.1	—	44.4	6.4	53.8	17.5	11.2	16.8	33.3	39.6	P06
RXGM-10S-(P)-30	50.8	42.2	62.7	7.9	76.2	20.6	10.4	24.6	44.4	59.4	P10

（续）

* RXGM-03S/06SX 要求 4 个阀安装螺钉。RXGM-10S 要求 6 个阀安装螺钉。



2.6　平衡阀

2.6.1　FD 型平衡阀

FD 型平衡阀主要用在起重液压系统中，使液压马达和液压缸运动速度不受载荷变化的影响，保持稳定。它附加的单向阀功能，密封性好，在管路损坏或制动失灵时，可防止重物自由下落造成事故。

FD 型平衡阀还具有旁路阀的功能，反向油流可快速退回；用法兰连接时，还可附加二次溢流。

图 22.7-43 是 FD 型平衡阀的结构原理图。

（1）型号说明

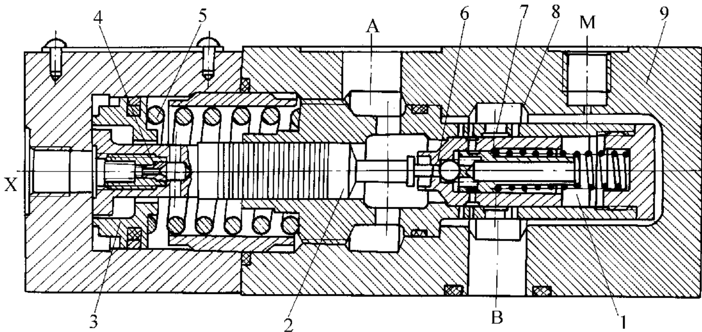


图 22.7-43　FD 型平衡阀结构原理图

1—压力油腔　2—先导阀芯　3—活塞　4—缓冲调节器　5—弹簧　6—主阀　7—辅助阀芯　8—负载腔　9—阀体

FD □ □ □ 10 B □

- 通径＝12、＝16、＝25、＝32
- 插入式结构＝K；板式连接＝P；SAE 螺纹法兰连接＝F
- 无二次溢流阀＝A；带二次溢流阀＝B（仅限于 SAE 螺纹法兰连接的阀）
- 10＝系列号 10（10 到 19＝系列内部结构和连接时尺寸相同）
- B00＝无阻尼器；B30＝阻尼器 ϕ0.30（FD12、FD16），阻尼器 ϕ0.40（FD25），阻尼器 ϕ0.60（FD32）；其他阻尼器 ϕ 值另规定
- 标明二次溢流阀的工作压力（仅限于 SAE 螺纹法兰连接的阀）

（2）技术规格及特性曲线（见表 22.7-67）

表 22.7-67　技术规格及特性曲线

B→A 为通过节流阀时的压差与流量的关系曲线

（节流全开、p_x = 6MPa）

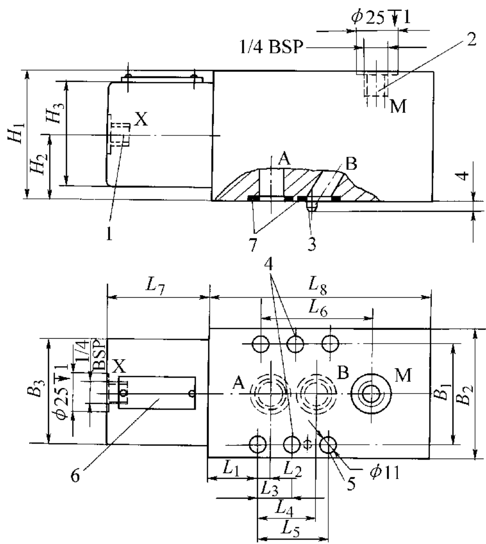
A→B 为通过单向阀时的压差与流量的关系曲线

项目	数值
工作压力 A、X、D　/MPa	31.5
工作压力 B、D　/MPa	42
控制压力 X、D（控制流量范围）　/MPa	最小 2～3.5，最大 31.5
开启压力 A→B　/MPa	0.2
二次溢流阀的调节压力　/MPa	40
流量/L·min^{-1}	80（通径 12）；200（通径 16）；320（通径 25）；560（通径 32）
开启面积比	球阀座面积/开启活塞面积 = 1/20
介质	矿物质液压油
介质温度范围/℃	－20～70
介质粘度范围/mm^2·s^{-1}	2.8～380

（3）外形尺寸（见表 22.7-68～表 22.7-72）

表 22.7-68　FD＊PA 型平衡阀板式连接外形尺寸　（mm）

型　号	B_1	B_2	B_3	H_1	H_2	H_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	重量/kg	O 形圈
FD12PA10 FD16PA10	66.5	85	70	85	42.5	70	32	7		35.5	43	73	65	140	9	21.3×2.4
FD25PA10	79.5	100	80	100	50	80	39	11		49	60.5	109	75	200		29.82×2.62
FD32PA10	97	120	95	120	60	95	35.5	16.5	42	67.5	84	119.5	94	215		38×3



1—控制口　2—监测口　3—定位销　4—通径 12、16、25 时无此孔　5—安装孔（12、16、25 通径 4 孔，32 通径 6 孔）　6—标牌　7—O 形圈

表 22.7-69　FD＊FA 型平衡阀法兰连接外形尺寸　　（mm）

1—控制口　2—监测口　3—法兰固定螺钉
4—盲孔板　5—可选择的 B 孔　6—标牌
7—O 形圈(用于二次溢流阀的 SAE
螺纹法兰连接)

型号	B_1	B_2	B_3	B_4	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	H_1	H_2
FD12FA10 FD16FA10	50.8	16.5	72	110	43	18	10.5	18	M10	36	72
FD25FA10	57.2	14.5	90	132	50	25	13.5	25	M12	45	90
FD32FA10	66.7	20	105	154	56	30	15	30	M14	50	105

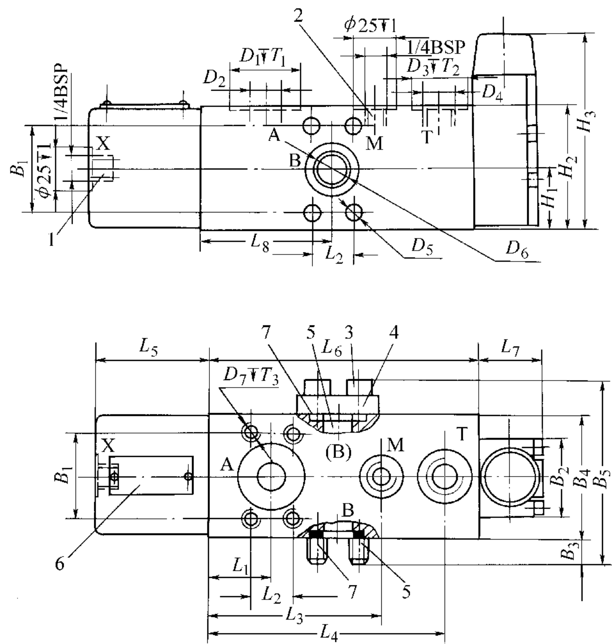
型号	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	T_1	T_2	重量/kg	O 形圈
FD12FA10 FD16FA10	39	23.8	105	65	140	78	0.2	15	7	25×3.5
FD25FA10	50	27.8	148	75	200	105	0.2	18		32.92×3.53
FD32FA10	52	31.6	155	94	215	115	0.2	21	21	37.7×3.53

表 22.7-70　FD＊FB 型平衡阀法兰连接外形尺寸　　（mm）

型　号	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	H_1	H_2
FD12FB10 FD16FB10	50.8	47	16.5	72	110	43	18	34	R1/2	10.5	18	M10	36	72
FD25FB10	57.2	80	14.5	90	132	50	25	42	R3/4	13.5	25	M12	45	90
FD32FB10	66.7	80	20	105	154	56	30	42	R3/4	15	30	M14	50	105

型　号	H_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	T_1	T_2	T_3	重量/kg	O 形圈
FD12FB10 FD16FB10	118	39	23.8	105	14.5	65	162	38	78	0.2	1	15	9	25×3.5
FD25FB10	145	50	27.8	148	198	75	225	50	105	0.2	1	18		32.92×3.53
FD32FB10	145	52	31.6	155	215	94	240	50	115	0.2	1	21	24	37.7×3.52

（续）



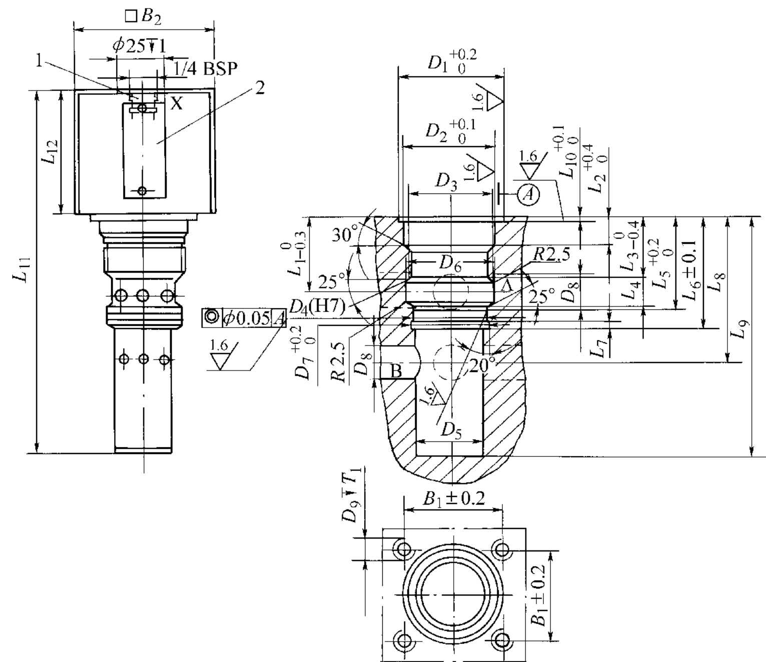
1—控制口　2—监测口　3—法兰固定螺钉　4—盲孔板　5—可选择的 B 孔　6—标牌
7—O 形圈(用于二次溢流阀的 SAE 螺纹法兰连接)

表 22.7-71　FD＊KA 型平衡阀插入式连接外形尺寸　（mm）

型　　号	B_1	B_2	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	T_1	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
FD12KA10 FD16KA10	48	70	54	46	M42×2	38	34	46	38.6	16	M10	16	39	16	32	15.5	50.6	60
FD25KA10	56	80	60	54	M52×2	48	40	60	48.6	25	M12	19	50	19	39	22	65	80
FD32KA10	66	95	72	65	M64×2	58	52	74	58.6	30	M16	23	52	19	40	25	71	85

型　　号	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	阀安装螺钉	转矩/N·m
FD12KA10 FD16KA10	3	78	128	2.3	191	65	4×M10×70	69
FD25KA10	4	105	182	2.3	253	75	4×M12×80	120
FD32KA10	4	115	198	2.3	289	94	4×M16×100	295

（续）

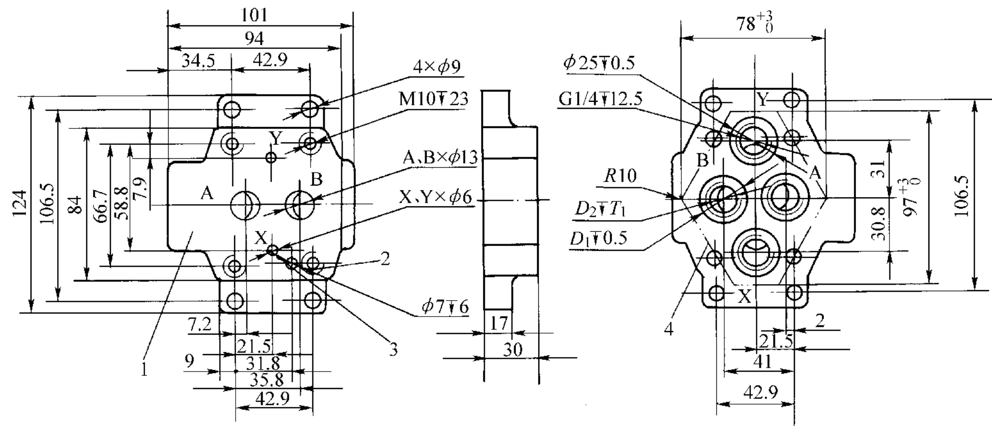


1—控制口　2—标牌

油口 A 和 B 位置可以选择；插入式阀安装孔不得有缺陷

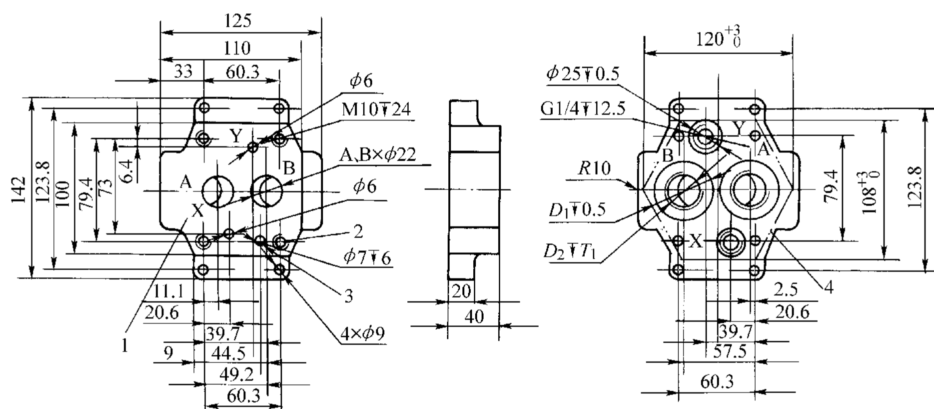
表 22. 7-72　FD 型安装底板外形尺寸　（mm）

通径	型号	D_1	D_2	T_1	阀安装螺钉	转矩/N・m	重量/kg
12、16	G460/1	28	G3/8	12. 5	4 × M10 × 50	69	1. 7
	G461/1	34	R1/2	14. 5			

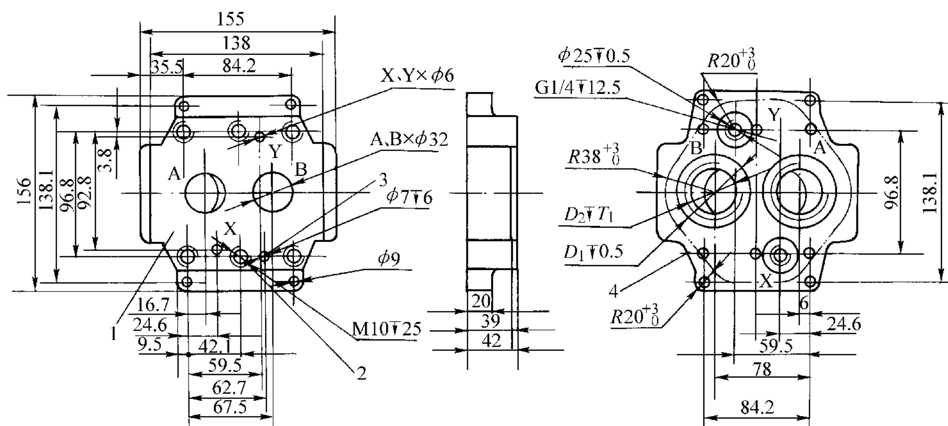


通径	型号	D_1	D_2	T_1	阀安装螺钉	转矩/N・m	重量/kg
25	G412/1	42	R3/4	16. 5	4 × M10 × 60	69	3. 3
	G413/1	47	R1	19. 5			

（续）



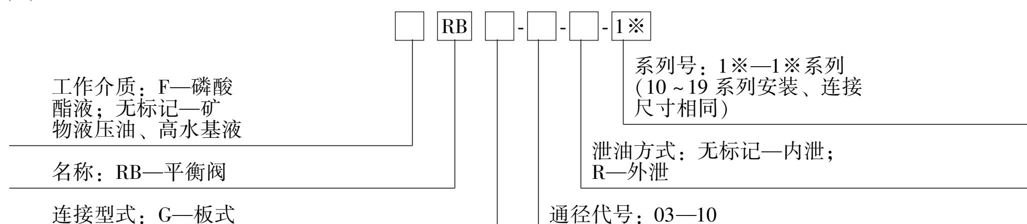
通径	型号	D_1	D_2	T_1	阀安装螺钉	转矩/N·m	重量/kg
32	G414/1	56	R1¼	20.5	6×M10×70	69	5
	G415/1	61	R1½	22.5			



注：图中 1—阀安装面；2—阀安装孔；3—定位孔；4—与阀连接的切口轮廓。

2.6.2　RB 型平衡阀

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.7-73)

表22.7-73 技术规格

通径代号	通径/mm	最大工作压力 /MPa	压力调节范围 /MPa	最大流量 /L·min^{-1}	重量/kg
03	10(3/8″)	14	0.6～13.5	50	4.2

（3）外形尺寸(见图22.7-44)

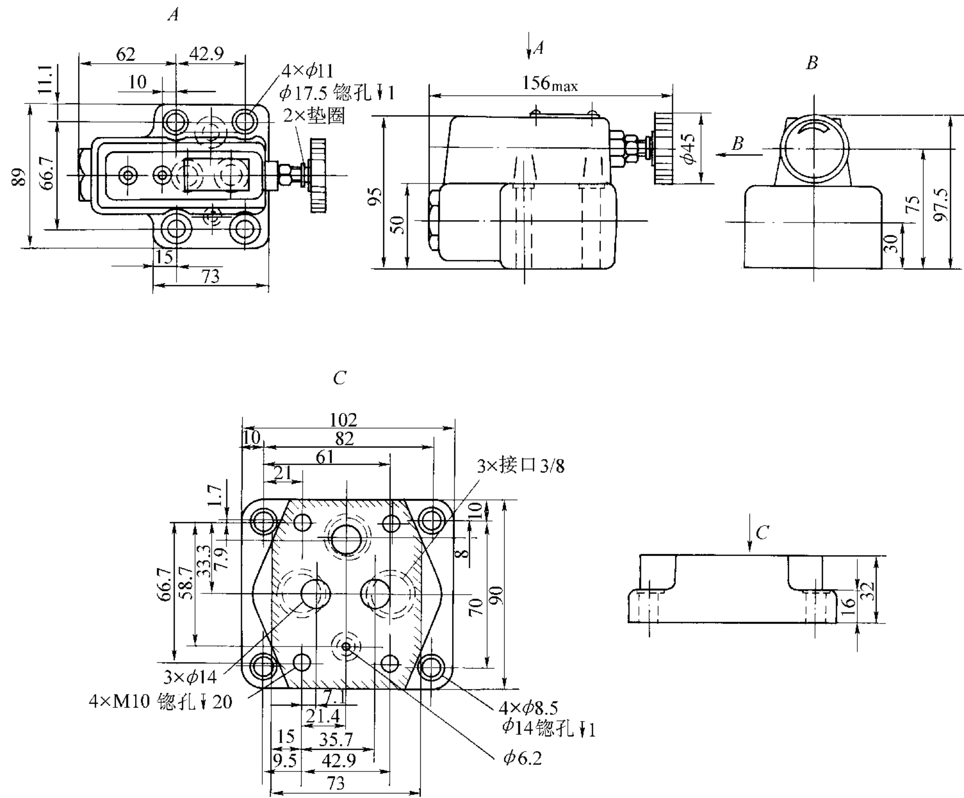


图22.7-44 平衡阀外形及连接尺寸

2.7 压力继电器

2.7.1 HED型压力继电器

压力继电器是将某一定值的液体压力信号转变为电气信号的元件。HED1、4型压力继电器为柱塞式结构，当作用在柱塞上的液体压力达到弹簧调定值时，柱塞产生位移，使推杆压缩弹簧，并压下微动开关，发出电信号，使电器元件动作，实现回路自动程序控制和安全保护。

HED2、3型压力继电器是弹簧式结构，弹簧管在压力油作用下产生变形，通过杠杆压下微动开关，发出电信号，使电器元件动作，实现回路自动程序控制和安全保护。

（1）型号说明

HED □ □ □ □ / □ □ □ □ □

名称：压力继电器

结构型式：1—柱塞式；
2—单点弹簧管式；
3—双点弹簧管式；
4—板式，柱塞式

泄油方式：K—有泄油口(只适用于 HED1)；
O—无泄漏油口

连接型式：A—管连接；
P—卧式板连接(只适用于 HED4)
H—立式板连接(只适用于 HED4)

系列号：15(用于 HED4)，20(用于 HED1-2 系列)，
30(用于 HED3)，10～19、20～29、30～39
内部结构及连接尺寸不变

最大调整压力/MPa	适用于
2.5	HED2，3
5.0	HED1，4
6.3	HED2，3
10.0	HED1～4
20.0	HED2，3
35.0	HED1，4
40.0	HED2，3
50.0	HED1K

附加说明

工作介质：无标记—矿物油；
V—磷酸酯液

保护装置：无标记—对 HED1 为标准型，
对 HED3、HED4 无保护装置；
H—对 HED1 有保护装置；
O—对 HED3 有保护装置；
S—对 HED4 有保护装置；
A—对 HED4 带有锁的保护装置

电源电压：无标记—不带灯；
L24—24V 灯(20～35V)；
L110—110V 灯(90～130V)；
L220—220V 灯(180～240V)

电气连接型式：无标记—套管连接；
Z—带地线的四脚肘状插头连接；
Z6—带地线的六脚肘状插头连接；
Z14—小插头连接(只用于 HED4)；
Z15—大插头连接(只适用于 HED4)

(2) 技术规格(见表 22.7-74)

表 22.7-74　技术规格

型　　号	额定压力/MPa	最高工作压力短时间/MPa	复原压力/MPa		动作压力/MPa		切换频率/次·min^{-1}	切换精度
			最高	最低	最高	最低		
HED1K	10.0	60	0.3	9.2	0.6	10	300	小于调压的±2%
	35.0	60	0.6	32.5	1	35		
	50.0	60	1	46.5	2	50		
HED1O	5	5	0.2	4.5	0.35	5	50	小于调压的±1%
	10	35	0.3	8.2	0.8	10		
	35	35	0.6	29.5	2	35		
HED2O	2.5	3	0.15	2.5	0.25	2.55	30	小于调压的±1%
	6.3	7	0.4	6.3	0.5	6.4		
	10	11	0.6	10	0.75	10.15		
	20	21	1	20	1.4	20.4		
	40	42	2	40	2.6	40.6		
HED3O	2.5	3	0.15	2.5	0.25	2.6	30	小于调压的±1%
	6.3	7	0.4	6.3	0.6	6.5		
	10	11	0.6	10	0.9	10.3		
	20	21	1	20	1.8	20.8		
	40	42	2	40	3.2	41.2		
HED4O	5	5	0.2	4.6	0.4	5	20	小于调压的±1%
	10	35	0.3	8.9	0.8	10		
	35	35	0.6	32.2	2	35		

(3) 外形尺寸(见图 22.7-45)

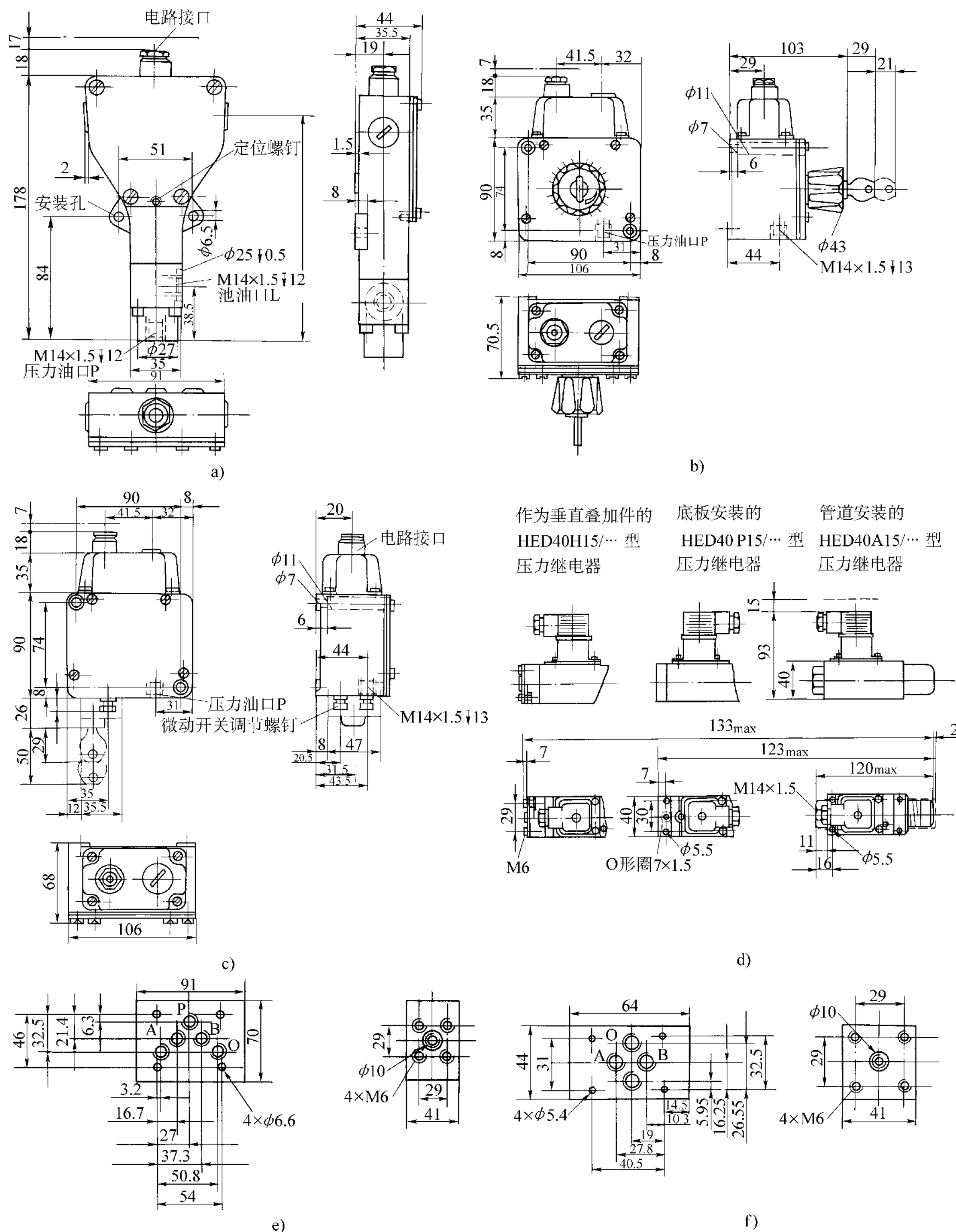
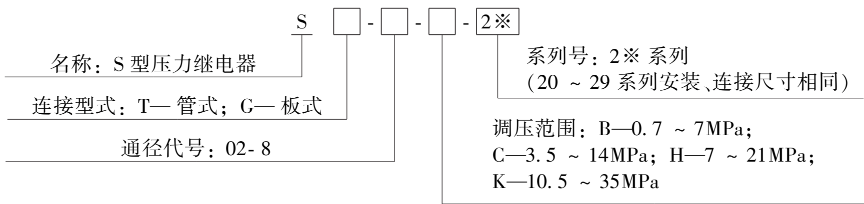


图 22. 7-45 HED 型压力继电器外形尺寸及叠加板尺寸

a）HED1 型压力继电器外形尺寸 b）HED2 型压力继电器外形尺寸 c）HED3 型压力继电器外形尺寸 d）HED4 型压力继电器外形尺寸 e）用于作为垂直叠加件的压力继电器的规格 10 的叠加板 f）用于作为垂直叠加件的压力继电器的规格 6 的叠加板

2.7.2　S 型压力继电器

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.7-75)

表 22.7-75　技术规格

型　　号	ST-02-＊-20	SG-02-＊-20
最大工作压力/MPa	35	35
介质粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	15～400	
介质温度/℃	－20～70	
重量/kg	4.5	4.5

微型开关参数			
负载条件	交流电		直流电
	常闭触点	常开触点	
阻抗负载	125V，15A 或 250V，15A		125V，05A 或 250V，0.25A
感应负载	125V，4.5A 或 250V，3A	125V，2.5A 或 250V，1.5A	125V，0.5A 或 250V，0.03A
电动机，白炽电灯，电磁铁负载			—

（3）外形尺寸(见图 22.7-46)

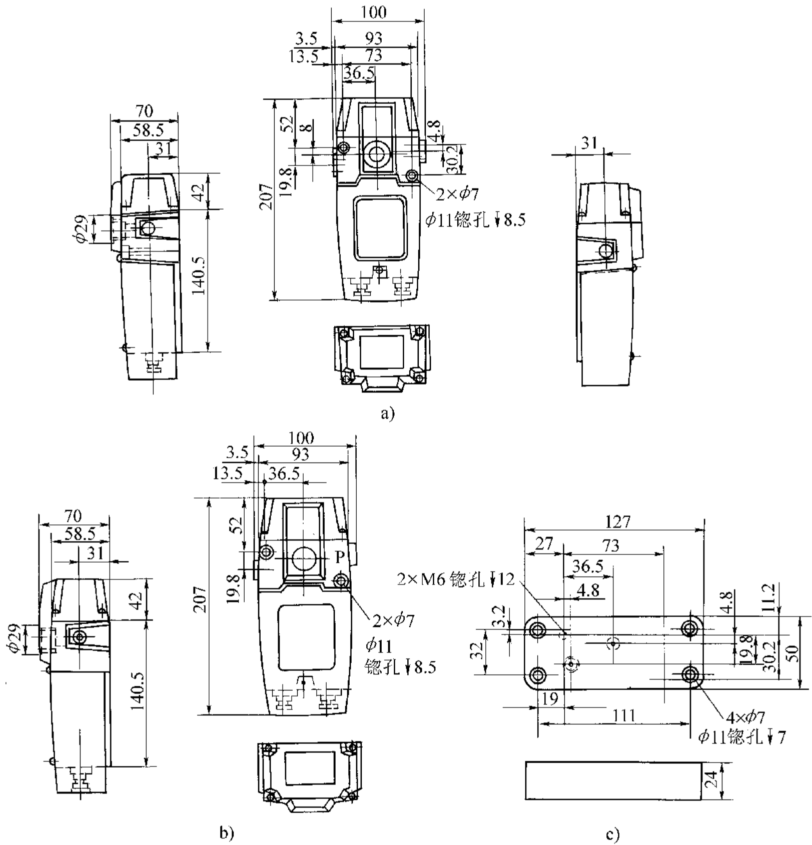
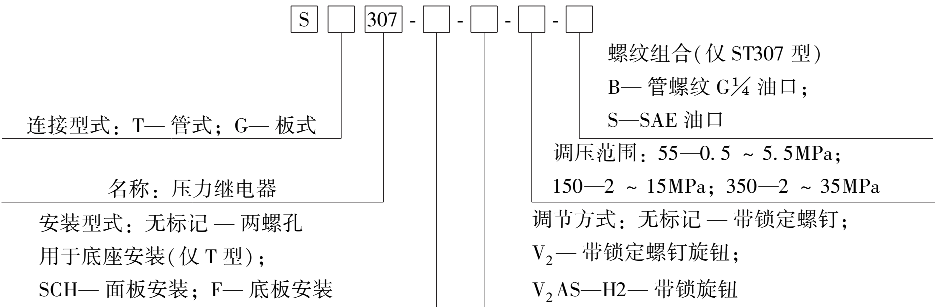


图 22.7-46　S 型压力继电器外形尺寸
a）ST-02 型　b）SG-02 型　c）连接底板

2.7.3 S＊307 型压力继电器

（1）型号说明



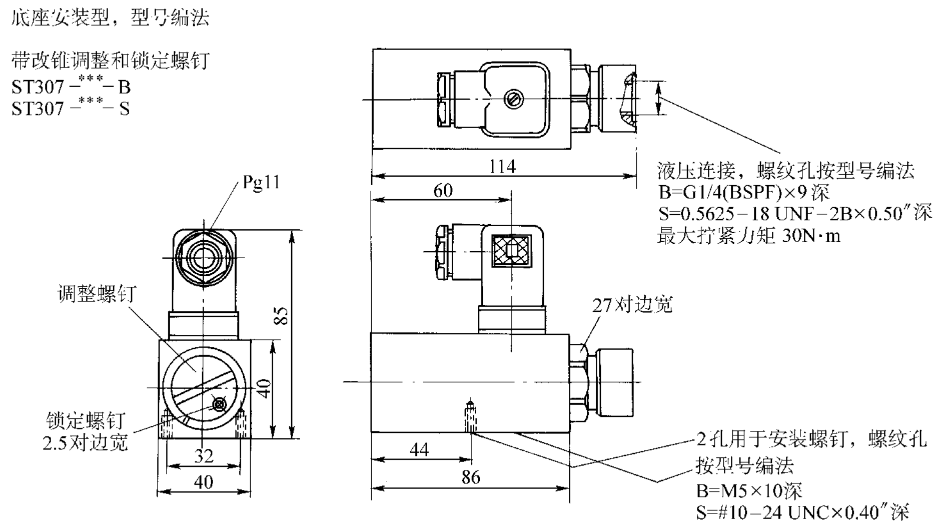
（2）技术规格(见表 22.7-76)

表 22.7-76 技术规格

介质粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$		13 ~ 380				
介质温度/℃		-50 ~ 100				
最大工作压力/MPa		35				
切换精度		<调定压力 1%				
切换容量						
交流电压		直流电压				
电压/V	阻性负载/A	电压/V	阻性负载/A	灯泡负载金属灯丝/A		感性负载/A
				常闭	常开	
110 ~ 125	3	≤15	3	3	1.5	3
220 ~ 250		>15 ~ 30	3	3	1.5	3
灯泡负载金属灯丝/A	感性负载/A	>30 ~ 50	1	0.7	0.7	1
0.5	3	>50 ~ 75	0.75	0.5	0.5	0.25
		>75 ~ 125	0.5	0.4	0.4	0.05
		>125 ~ 250	0.25	0.2	0.2	0.03
绝缘保护等级		IP65				
重量/kg		0.62				

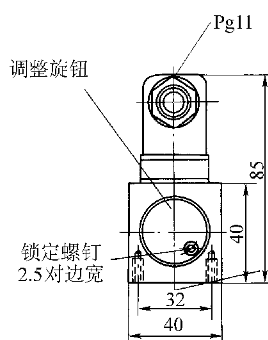
（3）外形尺寸(见表 22.7-77)

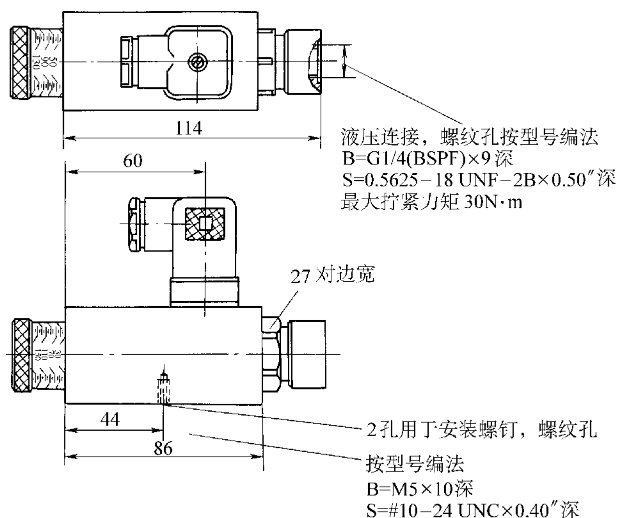
表 22.7-77 S＊307 型压力继电器外形尺寸



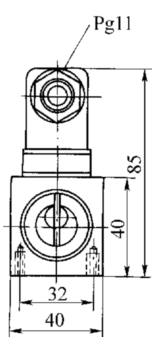
（续）

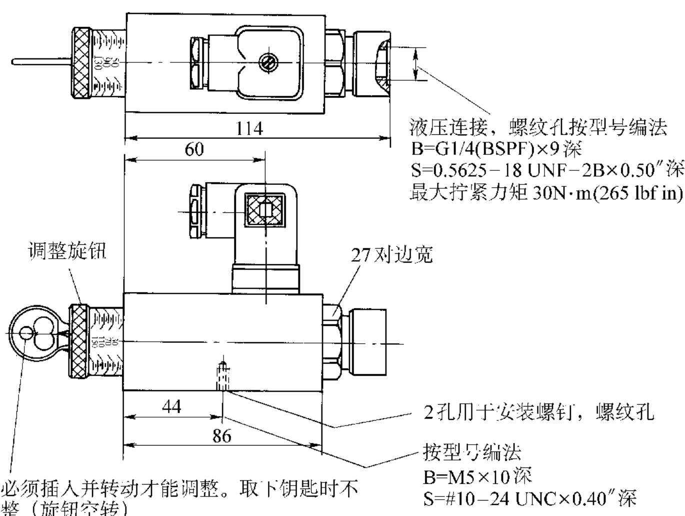
带滚花调整旋钮和锁定螺钉
ST307-V2-***-B
ST307-V2-***-S



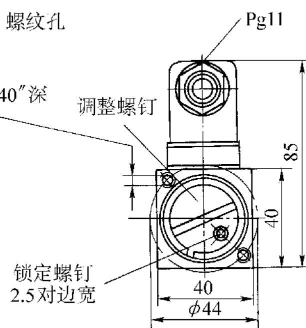


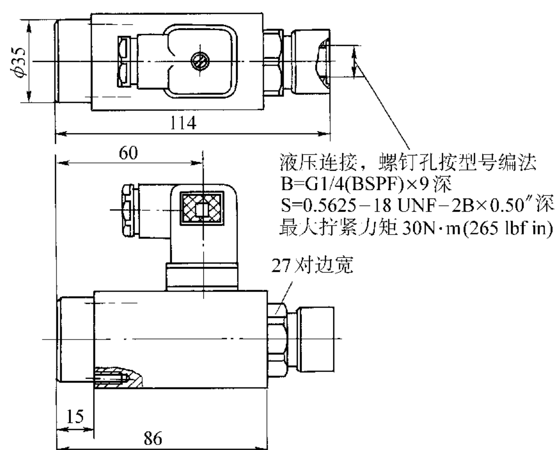
带滚花调整旋钮和钥匙锁
ST307-V2-AS-HS-***-B
ST307-V2-AS-H2-***-S





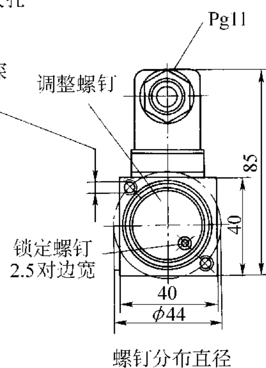
面板安装型，型号编法 SCH
带改锥调整和锁定螺钉
ST307-SCH-***-B
ST307-SCH-***-S

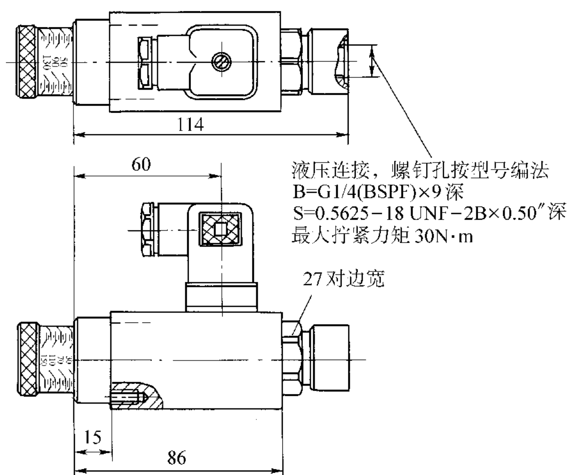




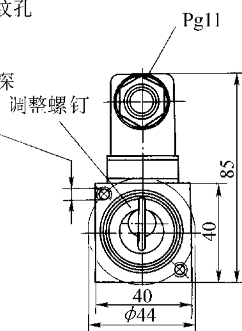
（续）

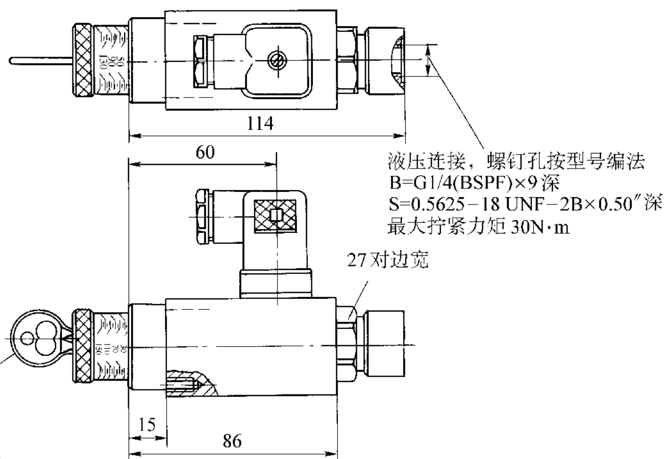
带滚花调整旋钮和锁定螺钉
ST307-SCH-V2 -***-B
ST307-SCH-V2 -***-S





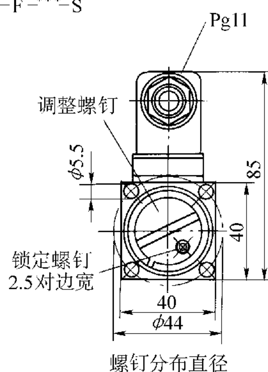
带滚花调整旋钮和钥匙锁
ST307-SCH-V2-AS-H2-***-B
ST307-SCH-V2-AS-H2-***-S

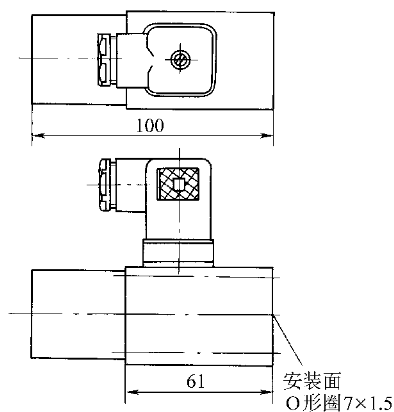




底板安装型

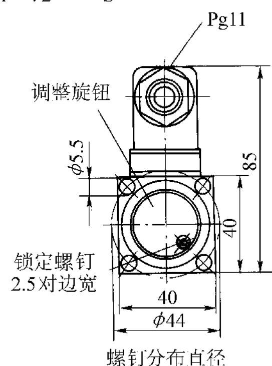
带改锥调整和锁定螺钉
SG307-F-***-B
SG307-F-***-S

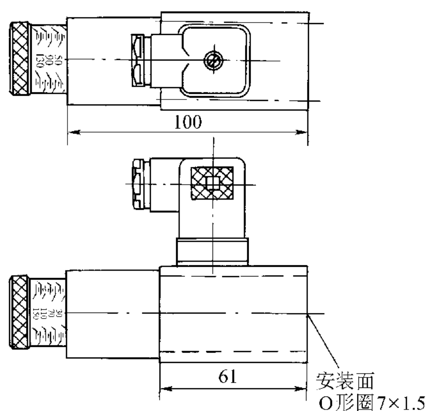




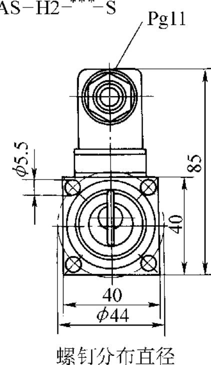
（续）

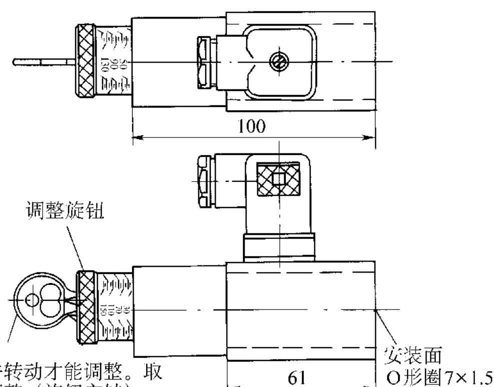
带滚花调整旋钮和锁定螺钉
SG307-F-V2-***-B
SG307-F-V2-***-S





带滚花调整旋钮和钥匙锁
SG307-F-V2-AS-H2-***-B
SG307-F-V2-AS-H2-***-S

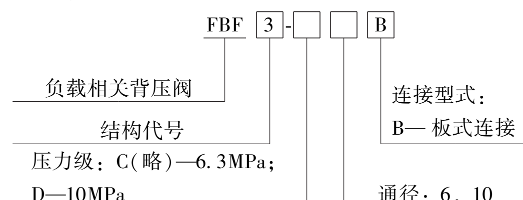




钥匙必须插入并转动才能调整。取下钥匙时不能调整（旋钮空转）

安装表面，用于型号SG307-F

阀可绕中心线以90°间隔定位并取决于留给电插头的空间



2.8　背压阀

2.8.1　FBF3 型负载相关背压阀

该阀可使背压随着载荷变化而变化，载荷增大，背压自动降低，载荷减小时背压增高，使运动的平稳性好，提高系统效率。

（1）型号说明

FBF 3 - □ □ B

- 负载相关背压阀
- 结构代号
- 压力级：C（略）—6.3MPa；D—10MPa
- 通径：6，10
- 连接型式：B— 板式连接

（2）技术规格(见表22.7-78)

表22.7-78 技术规格

型 号	额定流量/L·min^{-1}	调压范围/MPa	重量/kg
FBF3-6B FBF3-D6B	25	0.5～6.3 1.0～10	
FBF3-10B FBF3-D10B	63	0.5～6.3 1.0～10	4.06

（3）外形尺寸(见表22.7-79、80)

表22.7-79 FBF3型负荷相关背压阀外形尺寸 （mm）

型 号	*A*	*B*	*C*	*D*	*H*	*L*	*E*	*F*	*G*	*J*	*K*	*N*	*M*	*P*
FBF3-$^{6B}_{D6B}$	31	48	32.5	16	60	135	14.5	40.5	70	8	25	10	M5	8.5
FBF3-$^{10B}_{D10B}$	46	62	46	28	80	177	15	54	84	16	35	9	M6	11

表22.7-80 连接底板尺寸 （mm）

通径6连接底板

	P	*A*	*B*	*T*	F_1	F_2	F_3	F_4
*X*方向	21.5	12.7	30.2	21.5	0	40.5	40.5	0
*Y*方向	25.9	15.5	15.5	5.1	0	-0.75	31.75	31
直径ϕ	6.3 max	6.3 max	6.3 max	6.3 max	M5	M5	M5	M5

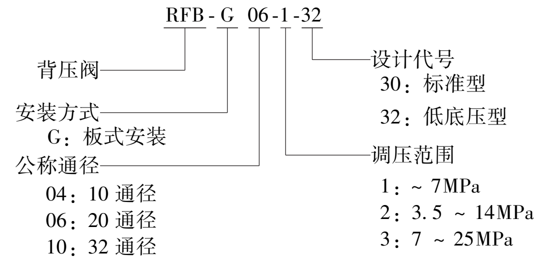
通径10连接底板

	P	*A*	*B*	*T*	F_1	F_2	F_3	F_4
*X*方向	27	16.7	37.3	3.2	0	54	54	0
*Y*方向	6.3	21.4	21.4	32.5	0	0	46	46
直径ϕ	11.2 max	11.2 max	11.2 max	11.2 max	M6	M6	M6	M6

2.8.2 RFB型背压阀

RFB系列背压阀是针对目前深铰型压床所采用防止自重的平衡阀反应迟钝、噪声太大，以及塑胶射出机背压控制不准确，压力损失过大等缺点研究改进而成，可应用于各种液压装置需防止自重降落及产生背压之处。

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.7-81)

表22.7-81 技术规格

型 号	最高工作压力/MPa	最大流量/L·min^{-1}	压力调节范围/MPa	重量/kg
RFB-G04-**	25	100	1：～7 2：3.5～14 3：7～25	7
RFB-G06-**		200		11.2
RFB-G10-**		400		18.6

（3）外形尺寸(见图22.7-47)

（4）安装附件(见表22.7-82)

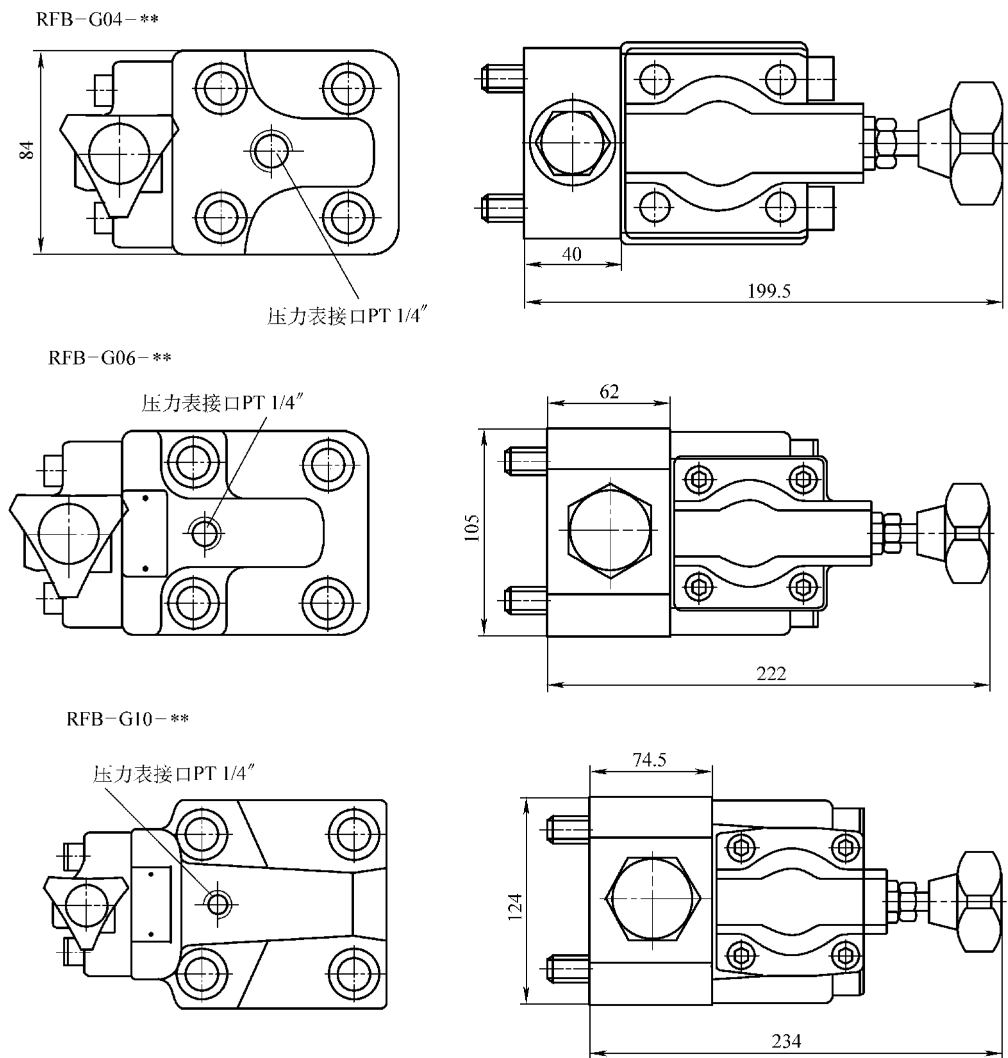


图 22.7-47　外形尺寸

表 22.7-82　安装附件

零件名称	型号			数量
	RFB-G04-**	RFB-G06-**	RFB-G10-**	
安装螺钉	M12×110L	M16×120L	M20×145L	2
	M12×135L	M16×140L	M20×165L	2
安装阀板	MF-04 系列	MF-06 系列	MF-10 系列	

3　流量控制阀

液压系统中执行机构运动速度的大小，由输入执行机构油液流量的大小来确定。控制油液流量的液压阀统称为流量控制阀。

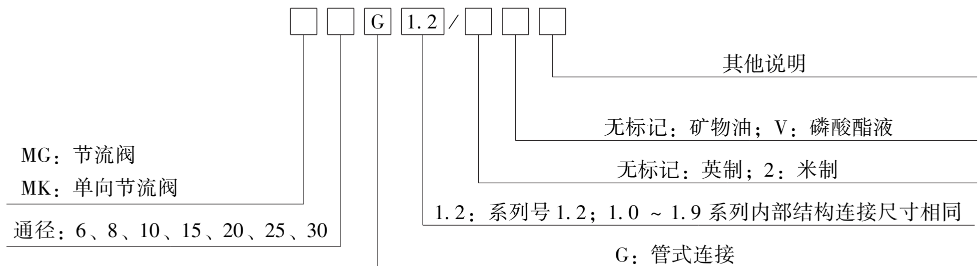
流量控制阀按其功能和用途，可分为节流阀、调速阀、分流-集流阀等。它们工作的共同特点是利用改变阀中节流口的过流面积，来调节油液流过节流口时所受到的局部阻力大小，从而实现对流量的控制。流量控制阀经常在定量泵系统中与溢流阀一起组成节流调速系统，以调节执行机构的运动速度。

3.1　节流阀和单向节流阀

3.1.1　MG 型节流阀/MK 型单向节流阀

MG/MK 型节流阀是直接安装在管路上的管式节流阀/单向节流阀，该阀节流口采用轴向三角槽结构，用于控制执行元件速度。

（1）型号说明

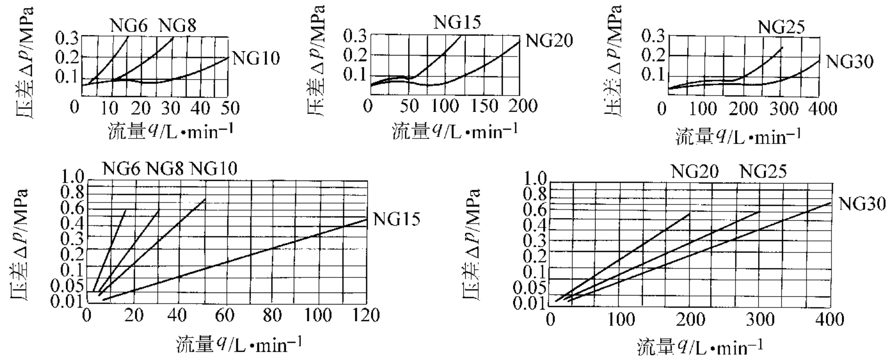


（2）技术规格及特性曲线(见表22.7-83)

表22.7-83　技术规格及特性曲线

通径/mm	6	8	10	15	20	25	30
流量/L·min^{-1}	15	30	50	140	200	300	400
最大压力/MPa	31.5						

开启压力/MPa	0.05(MK型)
介质	矿物液压油、磷酸酯液
介质温度/℃	−20 ~ 70
介质粘度/mm^2·s^{-1}	2.8 ~ 380



MG节流阀/MK单向节流阀特性曲线

节流阀关闭，油通过单向阀时的Δp-q特性曲线

（3）外形尺寸(见表22.7-84)

表22.7-84　MG节流阀、MK单向节流阀外形尺寸　　　　（mm）

通径	D_1		D_2	L_1	S_1	S_2	T_1	重量/kg
6	G1/4	M14×1.5	34	65	19	32	12	0.3
8	G3/8	M18×1.5	38	65	22	36	12	0.4
10	G1/2	M22×1.5	48	80	27	46	14	0.7
15	G3/4	M27×2	58	100	32	55	16	1.1
20	G1	M33×2	72	110	41	70	18	1.9
25	G1$^1/_4$	M42×2	87	130	50	85	20	3.2
30	G1$^1/_2$	M48×2	93	150	60	90	22	4.1

3.1.2　DV型节流截止阀/DRV型单向节流截止阀

DV/DRV型节流阀是一种简单而又精确地调节执行元件速度的流量控制阀，完全关闭时它又是截止阀。

（1）型号说明

（2）技术规格(见表22.7-85)

□□□□□-10/□□□

- DV：节流截止阀；DRV：单向节流截止阀
- 无标志：螺纹连接；P：板式连接
- 通径 6、8、10、12、16、20、25、30、40
- —：管道直接安装；S：面板安装
- 1：钢；2：黄铜；3：不锈钢
- 10 系列(10 ~ 19:安装和连接尺寸不变)
- 无标记：矿物油；V：磷酸酯液
- 管式连接 — 无标记：管螺纹；2：普通螺纹
- 其他细节用文字说明



表 22.7-85　技术规格

通径/mm	6	8	10	12	16	20	25	30	40	介质	矿物液压油，磷酸酯液
流量/L·min^{-1}	14	60	75	140	175	200	300	400	600	介质粘度/mm^2·s^{-1}	2.8 ~ 380
工作压力/MPa	~35									介质温度/℃	-20 ~ 100
单向阀开启压力/MPa	0.05									安装位置	任意

(3) 外形尺寸(见表 22.7-86、表 22.7-87)

表 22.7-86　DV/DRV 型节流阀外形尺寸　(mm)

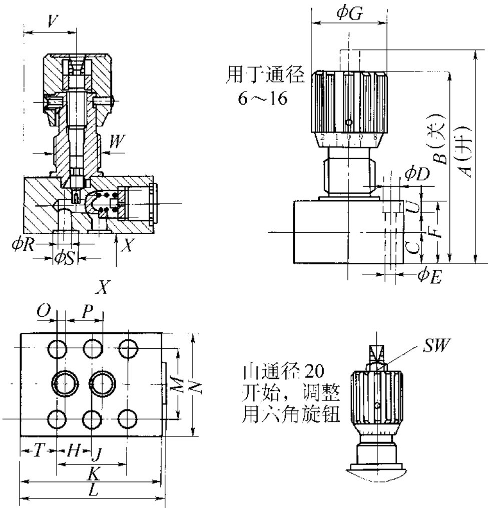
通径	B	ϕD_1	ϕD_2	D_3		D_4	H_1	H_2	H_3	L_1		L_2		SW
										DV	DRV	DV	DRV	
6	15	16	24	G$^1/_8$	M10×1	M12×1.25	8	50	55	19	26	38	45	
8	25	19	29	G$^1/_4$	M14×1.5	M18×1.5	12.5	65	72	24	33.5	48	45	
10	30	19	29	G$^3/_8$	M18×1.5	M18×1.5	15	67	74	29	41	58	65	
12	35	23	38	G$^1/_2$	M22×1.5	M22×1.5	17.5	82	92	34	44	68	73	
16	45	23	38	G$^3/_4$	M27×2	M22×1.5	22.5	96	106	39	57	78	88	
20	50	38	49	G1	M33×2	M33×1.5	25	128	145	54	77	108	127	19
25	60	38	49	G1$^1/_4$	M42×2	M33×1.5	30	133	150	54	93	108	143	19
30	70	38	49	G1$^1/_2$	M48×2	M33×1.5	35	138	155	54	108	108	143	19
40	90	38	49	G2		M33×1.5	45	148	165		130		165	19

由通径 20
开始，调整
用六角旋钮

表22.7-87 DRVP型节流阀外形尺寸 (mm)

型　号	*A*	*B*	*C*	*φD*	*φE*	*F*	*φG*	*H*	*J*	*K*	*L*
DRVP-6	63	58	8	11	6.6	16	24	—	19	41.5	43
DRVP-8	79	72	10	11	6.6	20	29	—	35	63.5	65
DRVP-10	84	77	12.5	11	6.6	25	29	—	33.5	70	72
DRVP-12	106	96	16	11	6.6	32	38	—	38	80	84
DRVP-16	128	118	22.5	14	9	45	38	38	76	104	107
DRVP-20	170	153	25	14	9	50	49	47.5	95	127	131
DRVP-25	175	150	27	18	11	55	49	60	120	165	169
DRVP-30	195	170	37.5	20	14	75	49	71.5	143	186	190
DRVP-40	220	203	50	20	14	100	49	67	133.5	192	196

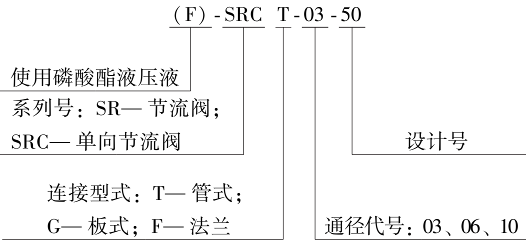
型　号	*M*	*N*	*O*	*P*	*φR*	*φS*	*T*	*U*	*V*	*W*	*SW*	重量/kg
DRVP-6	28.5	41.5	1.6	16	5	9.8	6.4	7	13.5	M14×1.5	—	0.26
DRVP-8	33.5	46	4.5	25.5	7	12.7	14.2	7	31	M18×1.5	—	0.50
DRVP-10	38	51	4	25.5	10	15.7	18	7	29.5	M18×1.5	—	0.80
DRVP-12	44.5	57.5	4	30	13	18.7	21	7	36.5	M22×1.5	—	1.10
DRVP-16	54	70	11.4	54	17	24.5	14	9	49	M22×1.5	—	2.50
DRVP-20	60	76.5	19	57	22	30.5	16	9	49	M33×2	19	3.90
DRVP-25	76	100	20.6	79.5	28.5	37.5	15	11	77	M33×2	19	6.70
DRVP-30	92	115	23.8	95	35	43.5	15	13	85	M33×2	19	11.0
DRVP-40	111	140	25.5	89	47.5	57.5	16	13	64	M33×2	19	17.5



3.1.3 SR型节流阀/SRC型单向节流阀

SR/SRC型节流阀用于工作压力基本稳定或允许流量随压力变化的液压系统，以控制执行元件的速度。本元件是平衡式的，可以较轻松地进行调整。

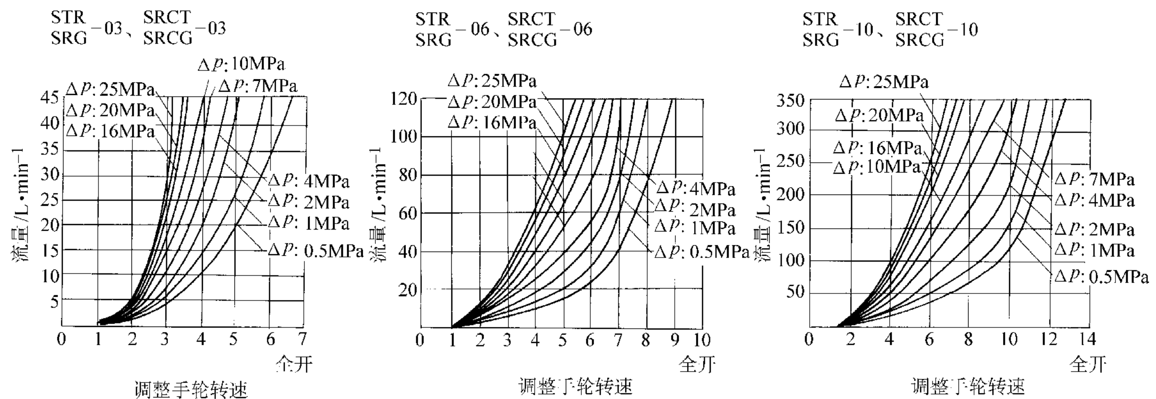
(1) 型号说明



（2）技术规格及特性曲线（见表 22.7-88）

表 22.7-88　技术规格及特性曲线　（mm）

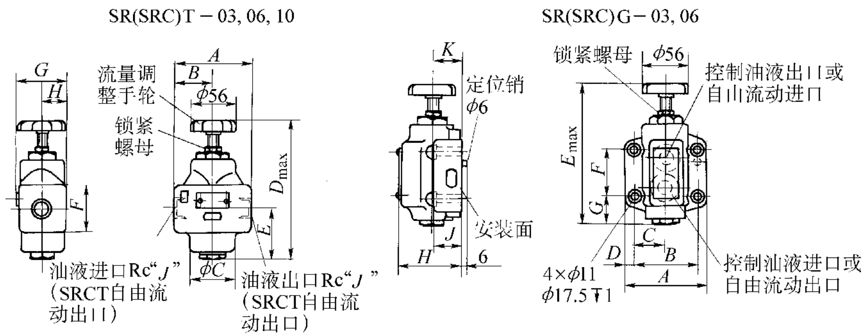
通径代号		03	06	10
通径/mm		10	20	30
额定流量/L·min^{-1}		30	85	230
最小稳定流量/L·min^{-1}		3	8.5	23
重量/kg	管式	1.5	3.8	9.1
	板式	2.5	3.9	7.5
最高工作压力/MPa		25		
介质		矿物液压油、高水基液、磷酸酯油液		
介质粘度/mm^2·s^{-1}		15～400		
介质温度/℃		-15～70		



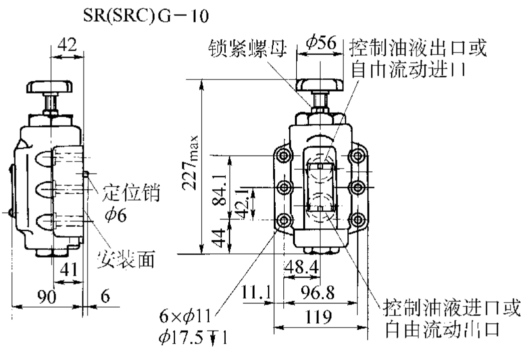
（3）外形尺寸及底板型号尺寸（见表 22.7-89）

表 22.7-89　SR（SRC）节流阀外形尺寸及底板型号尺寸　（mm）

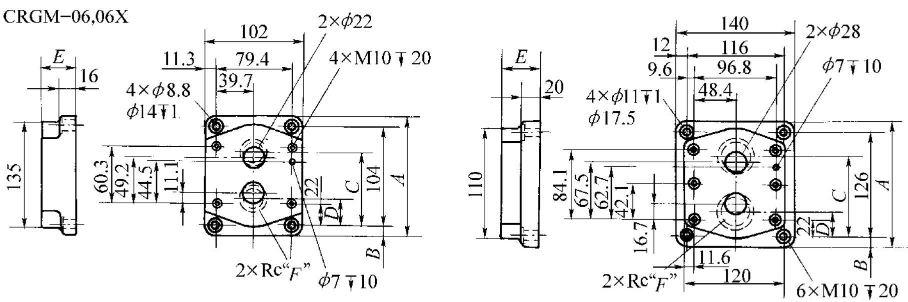
型　号	A	B	C	D_{max}	E	F	G	H	J	
SR（SRC）T-03	72	36	44	150.5	53.5	ϕ38	46	22	⅜	安装面与下面的ISO标准一致 ISO 5781-AG-06-2-A ISO 5781-AH-08-2-A
SR（SRC）T-06	100	50	58	180	66.5	□62	64	31	¾	
SR（SRC）T-10	138	69	80	227	86	□80	82	40	1¼	
型　号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
SR（SRC）G-03	90	66.7	33.3	11.7	150.5	42.9	32	64	31	31
SR（SRC）G-06	102	79.4	39.7	11.3	180	60.3	36.5	79	36	37



（续）

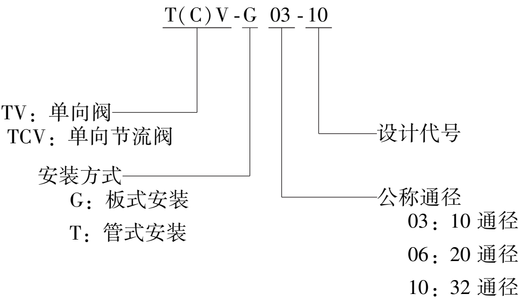


底板型号	A	B	C	D	E	F	底板型号	A	B	C	D	E	F
CRGM-06-50	124	10	77	27	36	3/4	CRGM-10-50	150	12	96	30	45	1¼
CRGM-06X-50	136	16	82.3	22	45	1	CRGM-10X-50	177	25.5	104	22	50	1½



3.1.4 TV型节流阀/TCV型单向节流阀

（1）型号说明



（2）技术规格（见表22.7-90）

表22.7-90 技术规格

型号	最高工作压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹	重量/kg	
			管式	板式
TV/TCV-＊03-＊＊	25	30	1.4	1.3
TV/TCV-＊06-＊＊		80	3.8	4.5
TV/TCV-＊10-＊＊		200	8	8.6

（3）特性曲线（见图22.7-48、图22.7-49）

（4）外形尺寸（见表22.7-91）

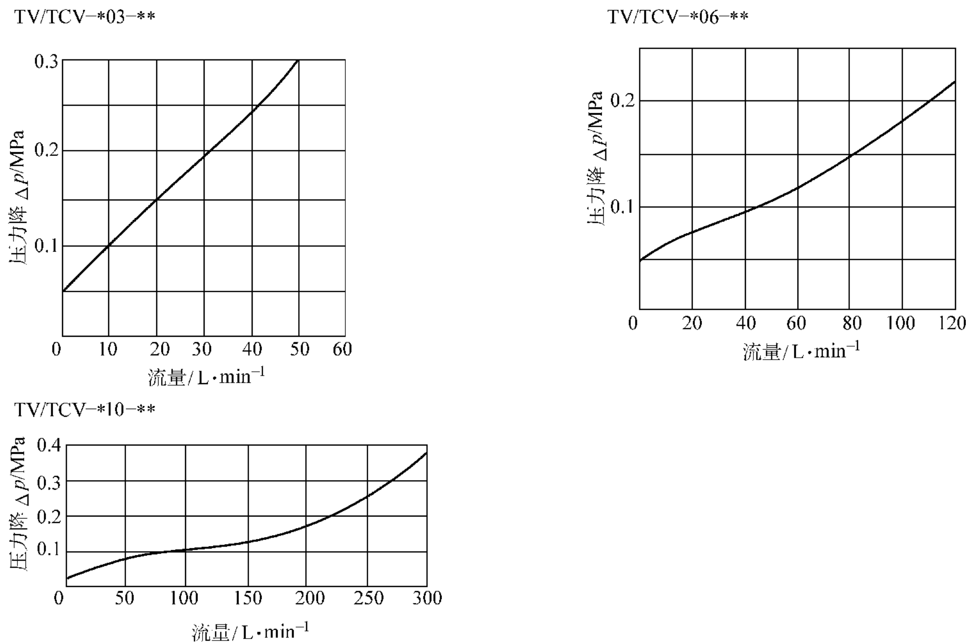


图 22.7-48　流量-压力降特性曲线

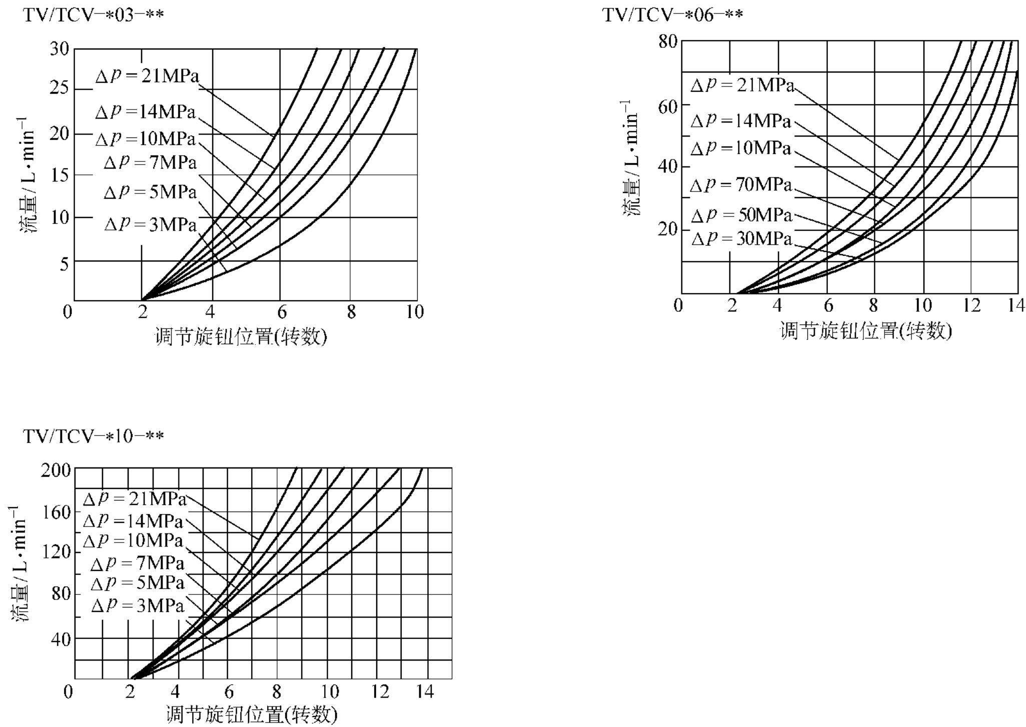
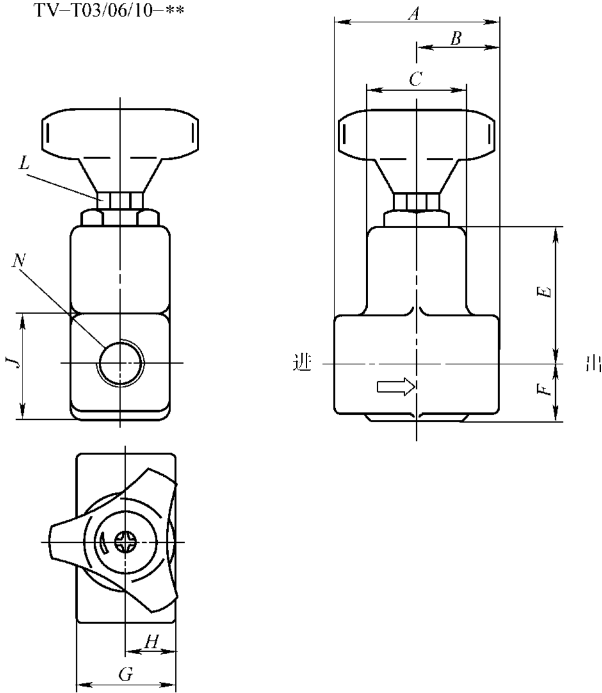
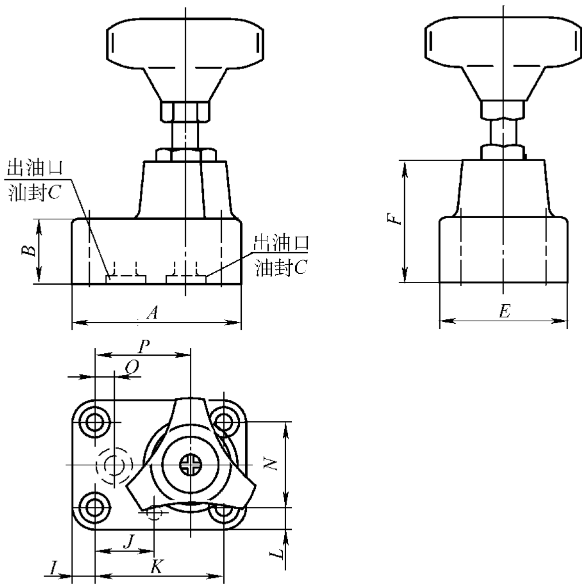


图 22.7-49　调节旋钮转数特性曲线

表 22.7-91　外形尺寸　（mm）



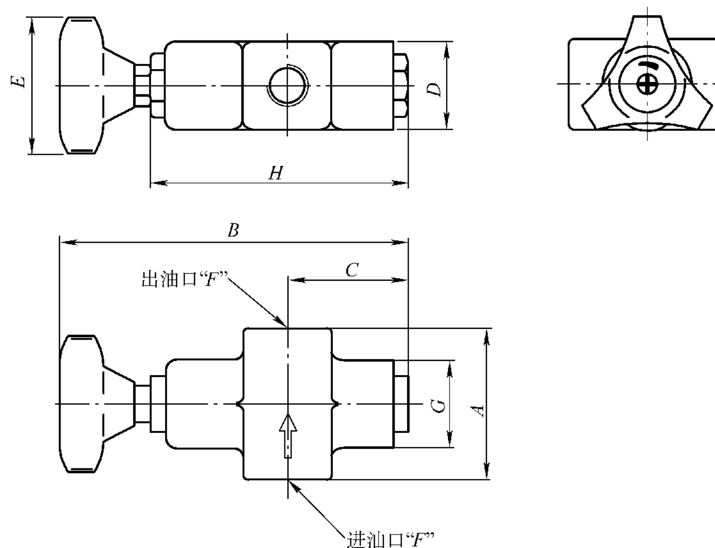
型　号	A	B	C	E	F	G	H	J	L	N
TV-T03-**	70	35	40	54	23	42	20	40	19	PT3/8
TV-T06-**	100	50	40	62	30	62	30	60	19	PT3/4
TV-T10-**	130	65	56	73	40	82	40	80	22	PT1-1/4



型　号	A	B	C	E	F	I	J	K	L	N	O	P
TV-G03-**	80	30	P18	60	61	10	30	60	10	40	15	45
TV-G06-**	92	42	P28	80	73	11	35	70	11	58	16	54
TV-G10-**	120	55	P36	100	93	14	46	92	14	72	21	71

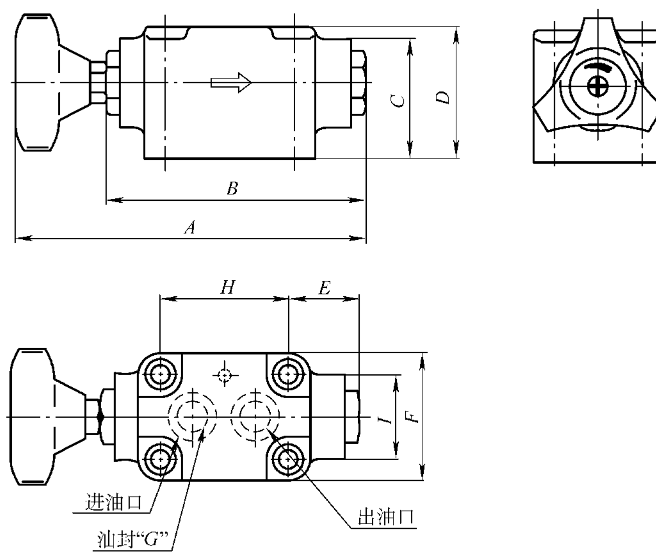
（续）

TCV-T03/06/10-**



型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H
TCV-T03-**	70	175	58	42	58	PT3/8	42	120
TCV-T06-**	108	220	67	62	58	PT3/4	57	162
TCV-T10-**	132	260	74	80	58	PT1-1/4	74	188

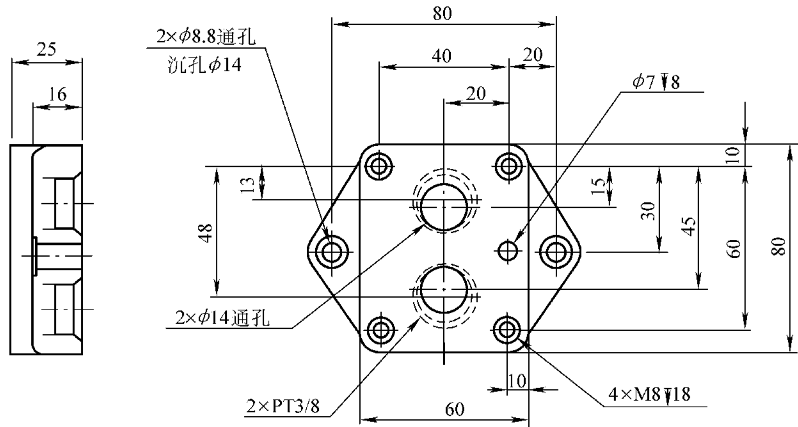
TCV-G03/06/10-**



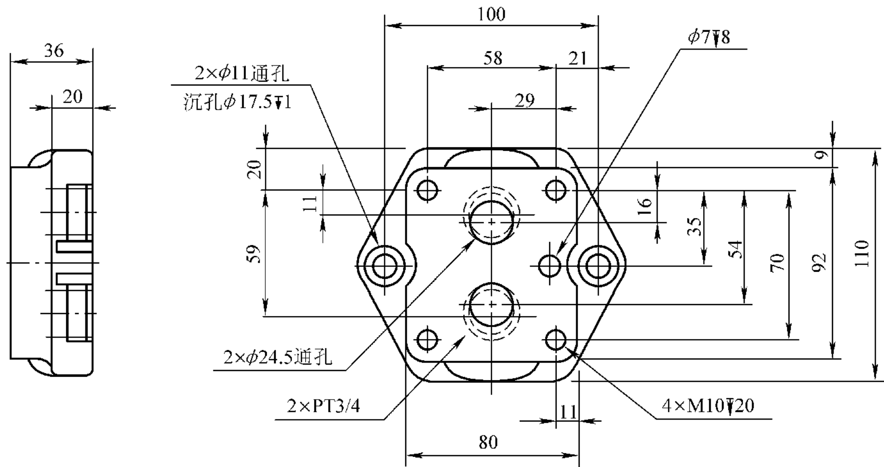
型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	螺　　栓
TCV-G03-**	180	120	38	47	12	59	P18	60	40	M8×65L
TCV-G06-**	222	162	65	75	34	82	P28	70	58	M8×75L
TCV-G10-**	265	190	82	95	32	100	P36	92	72	M12×95L

（5）安装阀板外形尺寸(见图 22. 7-50)

T(C)VM-*03**



T(C)VM-*06**



T(C)VM-*10**

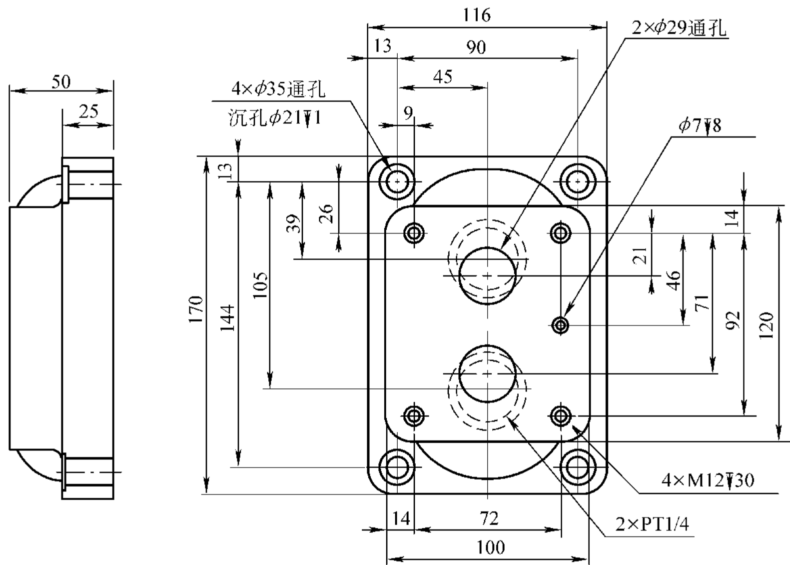
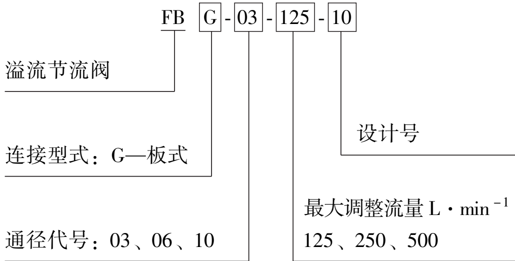


图 22. 7-50　安装阀板外形尺寸

3.2　FB 型溢流节流阀

本元件由溢流阀和节流阀并联而成，用于速度稳定性要求不太高而功率较大的进口节流系统。它具有压力控制和流量控制的功能，其进口压力随出口负载压力变化，压差为0.6MPa，因此大幅度降低了功耗。

（1）型号说明



图形符号(见图22.7-51)

（2）技术规格(见表22.7-92)

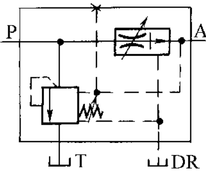


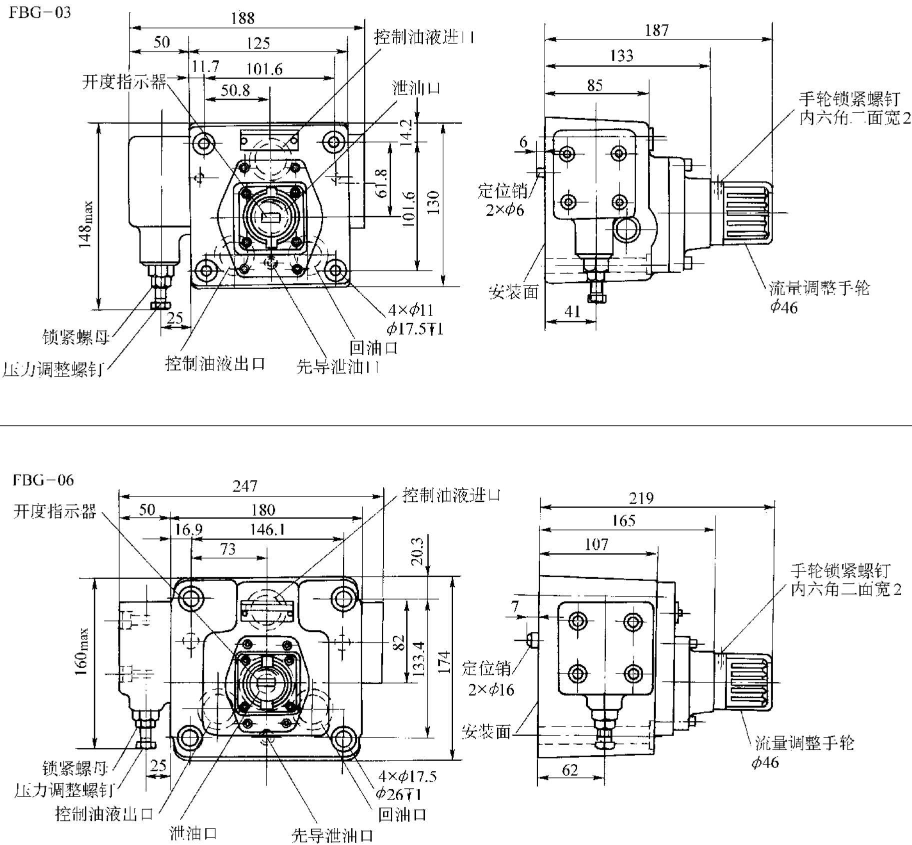
图22.7-51　图形符号

表22.7-92　技术规格

型　　号	FBG-03-125-10	FBG-06-250-10	FBG-10-500-10
最高使用压力/MPa	25	25	25
额定流量/L・min^{-1}	125	250	500
流量调整范围/L・min^{-1}	1～125	3～250	5～500
调压范围/MPa	1～25	1.2～25	1.4～25
进出口最小压差/MPa	6	7	9
先导溢流流量/L・min^{-1}	1.5	2.4	3.5
最大回油背压/MPa	0.5	0.5	0.5
重量/kg	13.3	27.3	57.3

（3）外形尺寸(见表22.7-93、表22.7-94)

表22.7-93　FB 型溢流节流阀外形尺寸



（续）

FBG-10

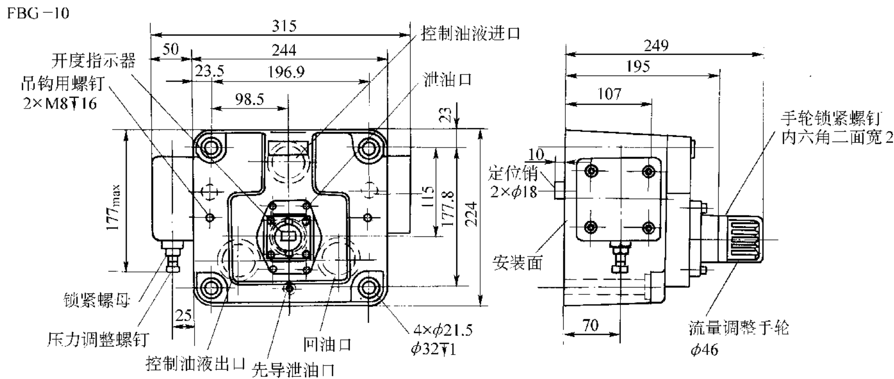
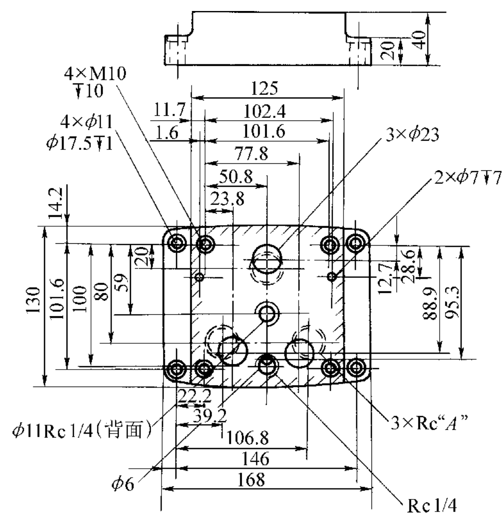
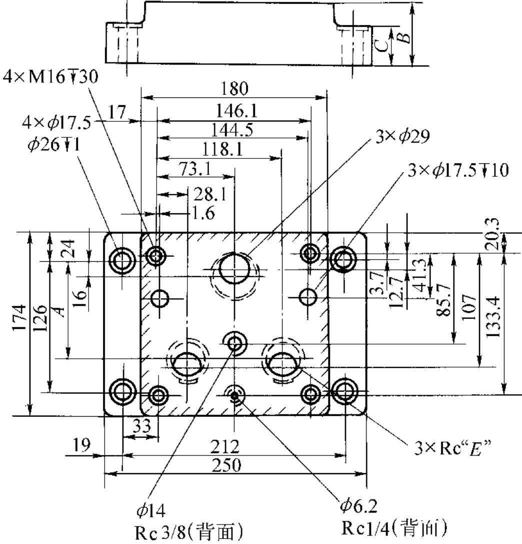


表 22.7-94　安装底板　（mm）

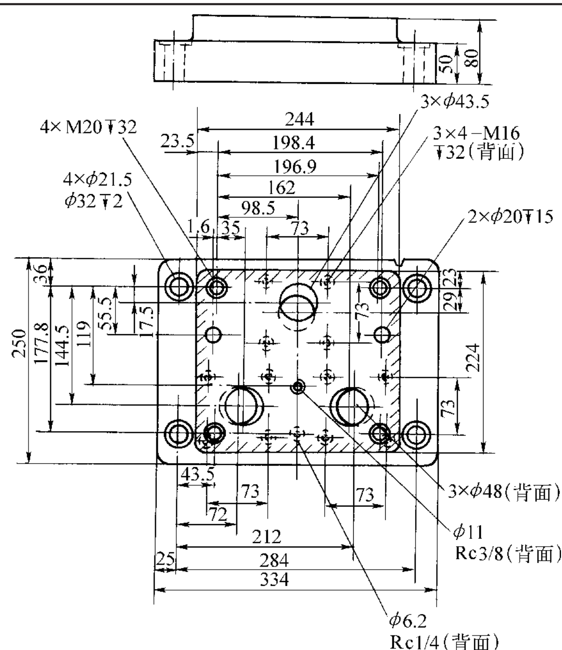
型号	底 板 型 号	连接口 Rc/in	重量/kg	型号	底 板 型 号	连接口 Rc/in	重量/kg
FBG-03	EFBGM-03Y-10	¾	6	FBG-06	EFBGM-06Y-10	1¼	16
	EFBGM-03Z-10	1	6	FBG-10	EFBGM-10Y-10	1½，2 法兰安装	37
FBG-06	EFBGM-06X-10	1	12.5				

底 板 型 号	*A*	底 板 型 号	*A*	*B*	*C*	*E*
EFBGM-03Y-10	3/4	EFBGM-06X-10	107	45	35	1
EFBGM-03Z-10	1	EFBGM-06Y-10	95	60	40	1¼





（续）

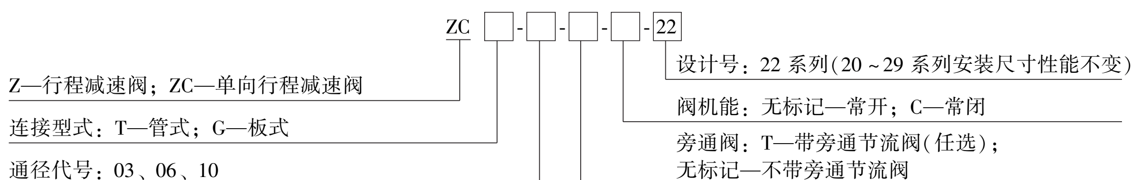


3.3　行程节流阀与行程调速阀

3.3.1　Z型行程减速阀/ZC型单向行程减速阀

本元件可通过凸轮撞块操作，进行节流调速及油路的开关。可用于机床工作台进给回路，使执行元件进行加、减速及停止运动。行程单向减速阀内装单向阀，油液反向流动不受减速阀的影响。

（1）型号说明



图形符号(见图22.7-52)：

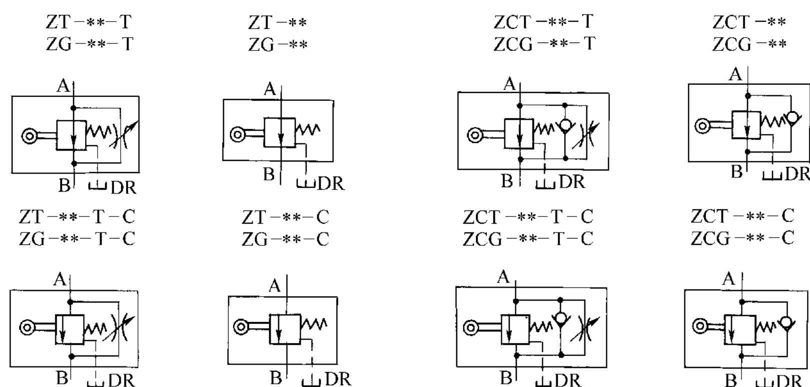


图22.7-52　图形符号

（2）技术规格(见表 22.7-95)

表 22.7-95　技术规格

通径代号		03	06	10
通径/mm		10	20	30
最大流量/L·min⁻¹		30	80	200
最高使用压力/MPa		21	21	21
重量/kg	T 型	4.3	8.7	17
	G 型	4.3	8.7	17

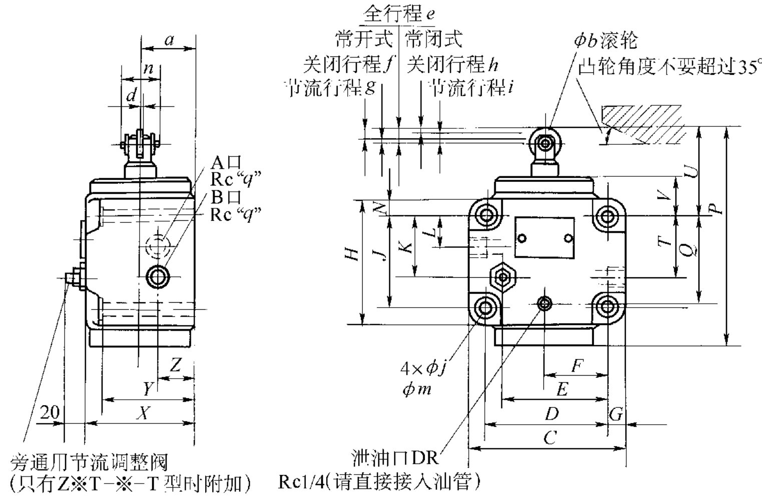
介质粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	20～200				
介质温度/℃	-15～70				
泄压口最大背压/MPa	0.1				
型　号	压力/MPa				
	1.0	2.0	5.0	10.0	21.0
Z-03	9	18	44	88	185
Z-06	9	17	43	86	180
Z-10	10	20	49	98	205

（3）外形尺寸(见表 22.7-96)

表 22.7-96　外形尺寸　（mm）

型　号	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*	*N*	*P*	*Q*	*T*	*U*	*V*	*X*
Z(ZC)T-03	102	80	66	40	11	82	60	41	20	11	141	58	40	56	25	70
Z(ZC)T-06	120	98	82	49	11	106	84	57	32	11	176	81	57	65	27	95
Z(ZC)T-10	160	132	103	66	14	140	112	75	40	14	224	106	75	80	32	110

型　号	*Y*	*Z*	*a*	*b*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	*j*	*m*	*n*	*q*/in
Z(ZC)T-03	60	25	35	18	6	10	2	8	2	8	8.8	14	24.5	3/8
Z(ZC)T-06	85	32	50	22	8	13	3	10	3	10	11	17.5	29	3/4
Z(ZC)T-10	96	40	55	28	10	18	3	15	3	15	13.5	21	34	1¼

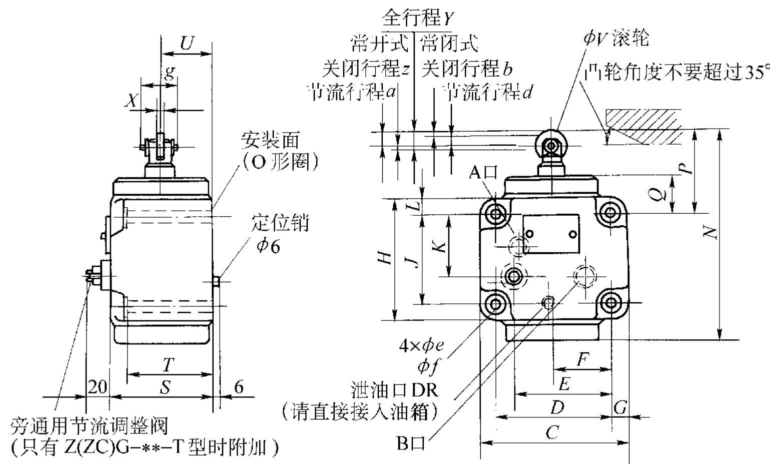


型号	A 口	B 口
ZT-**	控制油液进口	控制油液出口
ZCT-**	控制油液进口或自由流动出口	控制油液出口或自由流动进口

型　号	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*	*N*	*P*	*Q*	*S*
Z(ZC)G-03	102	80	66	40	11	82	60	41	11	141	56	25	70
Z(ZC)G-06	120	98	82	49	11	106	84	57	11	176	65	27	95
Z(ZC)G-10	160	132	103	66	14	140	112	75	14	224	80	32	110

型　号	*T*	*U*	*V*	*X*	*Y*	*z*	*a*	*b*	*d*	*e*	*f*	*g*
Z(ZC)G-03	60	35	18	6	10	2	8	2	8	8.8	14	24.5
Z(ZC)G-06	85	50	22	8	13	3	10	3	10	11	17.5	29
Z(ZC)G-10	96	55	28	10	18	3	15	3	15	13.5	21	34

（续）



型号	A 口	B 口
ZG- **	控制油液进口	控制油液出口
ZCG- **	控制油液进口或自由流动出口	控制油液出口或自由流动进口

型　号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P
ZGM-03	146	124	80	60	42	20	22	11	85	60	40	20	12. 5
ZGM-06	160	138	98	74	53	24	20	11	108	84	57	32	12
ZGM-10	218	190	132	98	70	34	29	14	140	112	75	40	14

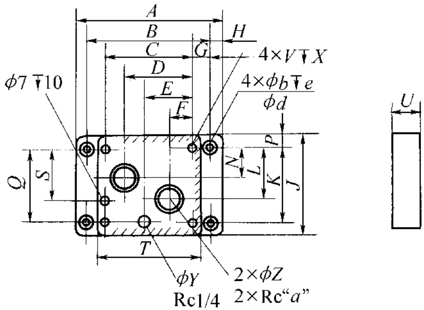
型　号	Q	S	T	U	V	X	Y	Z	a	b	d	e
ZGM-03	58	44	102	26	M8	18	6. 2	14	⅜	11	17. 5	10. 8
ZGM-06	81	60	120	35	M10	8	11	23	¾	11	17. 5	10. 8
ZGM-10	106	87	160	45	M12	25	11	29	1¼	14	21	13. 5

连接底板

型　号	底板型号	连接口/in	重量/kg
Z(ZC)G-03	ZGM-03-21	Rc⅜	2
Z(ZC)G-06	ZGM-06-21	Rc¾	3. 8
Z(ZC)G-10	ZGM-10-21	Rc1¼	9

底板尺寸

ZGM-03，06，10



3. 3. 2　UCF 型行程流量控制阀

本元件把带单向阀的流量控制阀与减速阀组合在一起，主要用于机床液压系统中。它通过凸轮从快速进给转换为切削进给，并能任意调整切削进给速度。

本元件是压力、温度补偿式的，能够进行精密的速度控制。返回时，油液通过单向阀使执行元件快速返回，与凸轮位置无关。图形符号见图 22. 7-53。

（1）型号说明

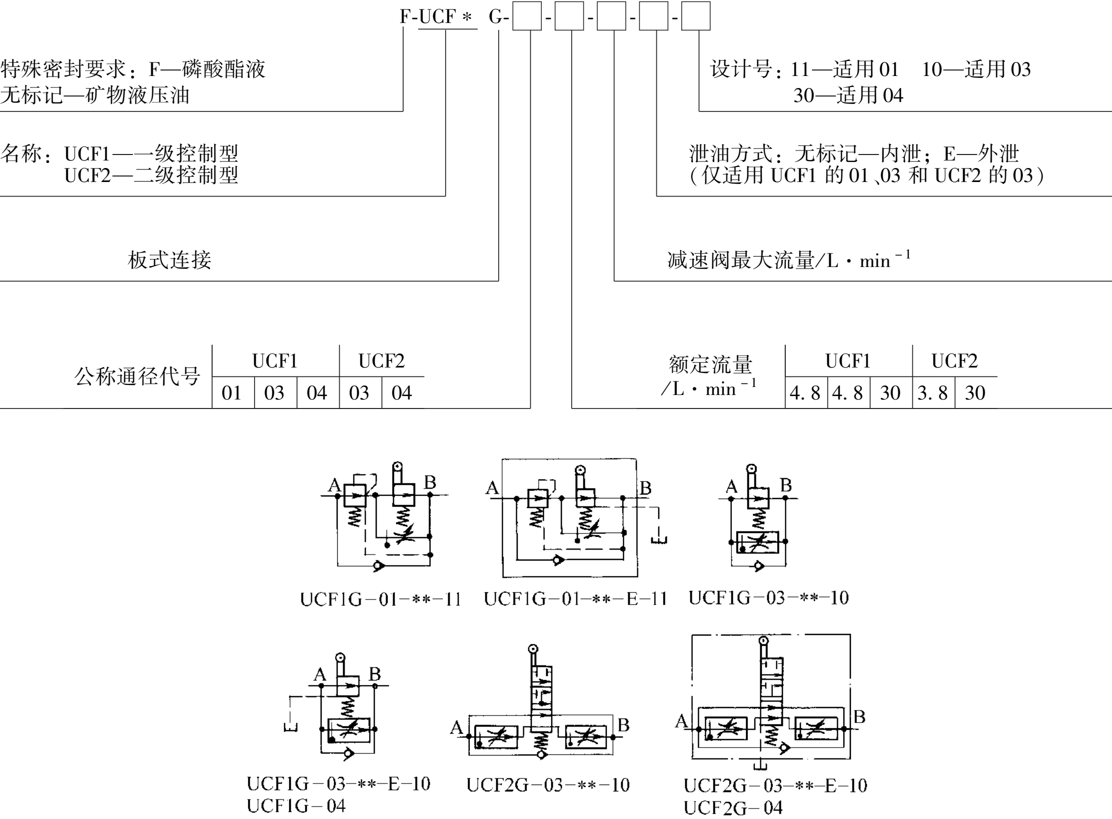


图 22.7-53 图形符号

（2）技术规格（见表 22.7-97）

表 22.7-97 技术规格

型号	最大流量① /L·min⁻¹	流量调整范围/L·min⁻¹ 一级进给	流量调整范围/L·min⁻¹ 二级进给	自由流量 /L·min⁻¹	最高使用压力 /MPa	泄油口允许背压 /MPa	重量 /kg
UCF1G-01-4-A-*-11	16(12)	0.03～4	—	20	14	0.1	1.6
UCF1G-01-4-B-*-11	12(8)						
UCF1G-01-4-C-*-11	8(4)	(0.05～4)②					
UCF1G-01-8-A-*-11	20(12)	0.03～8	—				
UCF1G-01-8-B-*-11	16(8)						
UCF1G-01-8-C-*-11	12(4)	(0.05～8)②					
UCF1G-03-4-*-10	40(40)	0.05～4	—	40			2.6
UCF1G-03-8-*-10		0.05～8	—				
UCF2G-03-4-*-10	40(40)	0.1～4	0.05～4	40			2.7
UCF2G-03-8-*-10		0.1～8	0.05～4				
UCF1G-04-30-30	80(40)	0.1～22	—	80			6.5
UCF2G-04-30-30		0.1～22	0.1～17				9.2

① 最大流量是行程减速阀与流量调整阀全部打开时的值。（ ）内是行程减速阀全开、流量调整阀全闭时的最大流量。

② （ ）内是在压力 7MPa 以上时的数值。

（3）外形尺寸（见表 22.7-98）

表 22.7-98　外形尺寸　　（mm）

型号	
UCF1G-01	
UCF1G-03	
UCF2G-03	

（续）

型号	外形尺寸
UCF1G-04	
UCF2G-04	

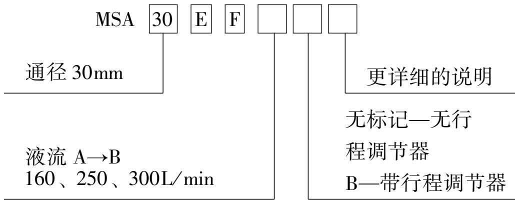
阀安装面	最大孔径“X”/mm				
	型号	UCF1G-01	UCF1G-03	UCF2G-03	UCF1G-04	UCF2G-04
	A、B 口	ϕ11.5	ϕ11.5	ϕ11.5	ϕ15.5	A 口 ϕ18
						B 口 ϕ15.5
阀安装面加工精度：平面度 0.013mm，表面粗糙度 Ra16μm	泄油口	ϕ3.5	ϕ4	ϕ4	ϕ8.5	ϕ8.5

3.4　调速阀

3.4.1　MSA 型调速阀

本元件为二通流量控制阀，由减压阀和节流阀串联组成。调速不受负载压力变化的影响，保持执行元件工作速度稳定。

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.7-99）

表 22.7-99　技术规格

工作压力/MPa	21	介质	矿物质液压油
流量调节	与压力无关	介质温度/℃	20～70
最小压差/MPa	0.5～1(与 Q_{max} 有关)	介质粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	2.8～380

（3）外形尺寸(见表 22.7-100)

表 22.7-100　外形尺寸　（mm）

调速阀		通径	30	
		底板型号	G138/1	G139/1
		D_1	56	61
		D_2	G1¼	G1½
安装底板		T_1	21	23
		阀安装螺钉	4×M12×110 GB/T 70.1—2000	
		力矩/N·m	75	

3.4.2　2FRM 型调速阀/Z4S 型流向调整板

2FRM 型调速阀是二通的流量控制阀。该元件是由减压阀和节流阀串联构成的，由于减压阀对节流阀进行了压力补偿，所以调速阀的流量不受负载变化的影响，保持稳定。同时节流窗口设计成薄刃状，流量受温度变化很小。调速阀与单向阀并联时，油流能反向回流。

若要求通过调速阀两个方向(A→B、B→A)都有稳定的流量，可以选择 Z4S 型整流板装在调速阀下。

（1）结构原理

图 22.7-54 是 2FRM5-30 型调速阀的结构原理图。图 22.7-55 是 2FRM10-20 及 2FRM16-20 型调速阀的结构原理图。它们的结构原理相同。2FRM 型调速阀是由减压阀和节流阀串联构成的。压力油从 A 腔进入调速阀后，先经减压阀 1 减压，再由节流阀节流，由 B 腔流出调速阀。由于减压阀 1 对节流阀进行了压力补偿，所以调速阀的流量不受载荷变化的影响，而保持稳定。同时节流窗口设计成薄刃状，流量受油粘度变化的影响很小。2FRM 型阀是单向调速阀。

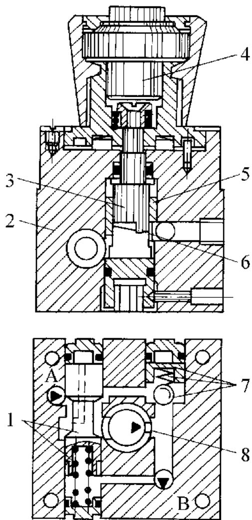


图 22.7-54　2FRM5-30 型调速阀结构原理图
1—减压阀　2—阀体　3—节流杆　4—调节元件　5—薄刃孔　6—节流窗口　7—单向阀　8—节流孔

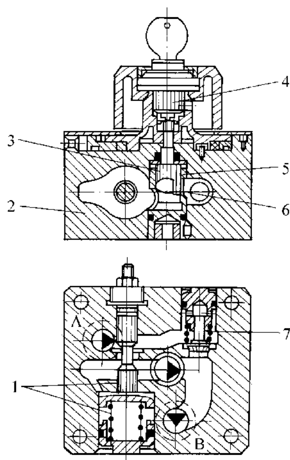


图22.7-55 2FRM10-20及2FRM16-20型调速阀结构原理图
1—减压阀 2—阀体 3—节流杆 4—调节元件
5—薄刃孔 6—节流窗口 7—单向阀

该阀在减压阀处装有可选择的行程调节器。调速阀未工作时，减压阀的减压口开度最大，这时不起减压作用。若调速阀突然投入工作，通过调速阀的流量会出现一个峰值，这叫做流量的跳跃现象。为了防止或减轻这种跳跃现象的发生，在调速阀未工作时，利用装在减压阀无弹簧端的行程调节器，使减压阀芯预调至接近于正常工作的位置。

图形符号见图22.7-56。

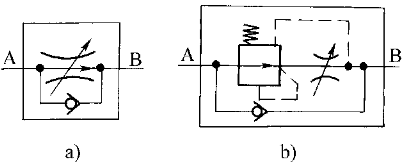


图22.7-56 2FRM型调速阀的图形符号
a）简化符号 b）详细符号

（2）型号说明

2FRM — / *

- 通径：5=5；10=10；16=16
- 系列号：20=20；30=30
- 流量调节范围（A→B）（见下表）
- 无标记=减压阀无行程调节器；B=减压阀带行程调节器
- 无标记=矿物液压油；V=磷酸酯液压液
- 更详细的说明

流量调节范围(A→B)		
通径 =5	通径 =10	通径 =16
0.2L/min = 0.2L	10L/min = 10L	60L/min = 60L
0.6L/min = 0.6L	16L/min = 16L	100L/min = 100L
1.2L/min = 1.2L	25L/min = 25L	160L/min = 160L
3L/min = 3L	50L/min = 50L	
6L/min = 6L		
10L/min = 10L		
15L/min = 15L		

（3）技术规格及特性曲线（见表22.7-101、图22.7-57～图22.7-59）

表22.7-101 2FRM型调速阀技术规格

介质	矿物质液压油，磷酸酯液压液													
介质温度/℃	-20～70													
介质粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	2.8～380													
项目	通径/mm													
	5							10				16		
最大流量/$L \cdot min^{-1}$	0.2	0.6	1.2	3	6	10	15	10	16	25	50	60	100	160
压力差Δp(B→A回流)/MPa	0.05	0.05	0.06	0.09	0.18	0.36	0.67	0.2	0.25	0.36	0.6	0.28	0.43	0.73

（续）

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">项　　目</td><td colspan="4">通径/mm</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">5</td><td>10</td><td>16</td></tr>
<tr><td rowspan="2">流量稳定范围（$\% q_{max}$）</td><td>随温度变化</td><td>±5</td><td>±3</td><td colspan="2">±2</td><td colspan="2">±2</td></tr>
<tr><td>液压差 Δp 变化/MPa</td><td colspan="2">±2（$\Delta p=21$）</td><td></td><td>±4（$\Delta p=21$）</td><td colspan="2">±2（$\Delta p=31.5$）</td></tr>
<tr><td colspan="2">工作压力（A 口）/MPa</td><td colspan="4">~21</td><td colspan="2">~31.5</td></tr>
<tr><td colspan="2">最低工作压力/MPa</td><td colspan="3">0.3~0.5</td><td>0.6~0.8</td><td>0.3~0.7</td><td>0.5~0.12</td></tr>
<tr><td colspan="2">过滤精度/μm</td><td colspan="3">25（$q<5$L/min）</td><td>10（$q<0.5$ L/min）</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">重量/kg</td><td colspan="4">1.6</td><td>5.6</td><td>11.3</td></tr>
</table>

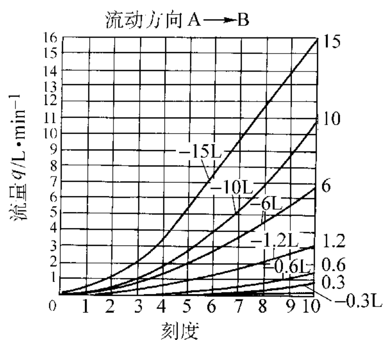


图 22.7-57　2FRM5 型调速阀特性曲线

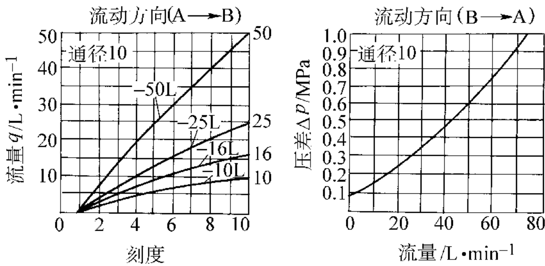


图 22.7-58　2FRM10 型调速阀特性曲线

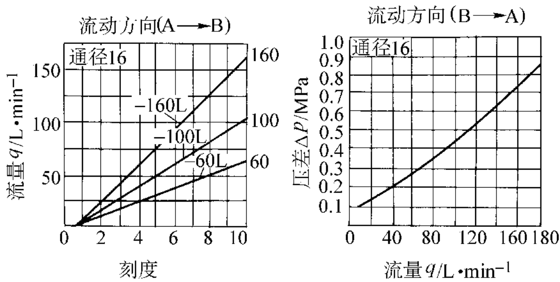


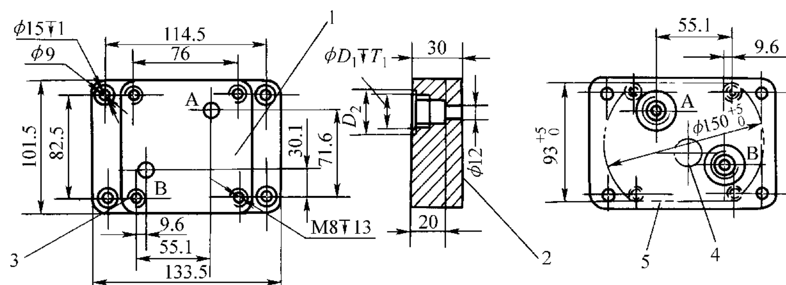
图 22.7-59　2FRM16 型调速阀特性曲线

（4）外形尺寸（见表 22.7-102、表 22.7-103）

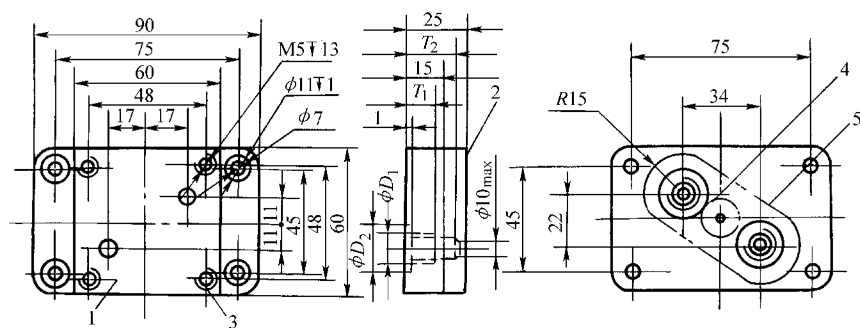
表 22.7-102　2FRM 型调速阀连接底板尺寸　（mm）

通径	底板型号	ϕD_1/in	D_2	T_1	T_2	阀安装螺钉	转矩/N·m	重量/kg
5	G44/1 G45/1	1/4BSP 1/2BSP	25 32	12 14	17 20	4×M5×50	6	0.9
10	G27901 G28001	1/2BSP 3/4BSP	34 42	15 17		4×M8×50	35	2.3
16	G28101 G28201	1BSP 1¼BSP	47 56	19 21		4×M10×80	70	4

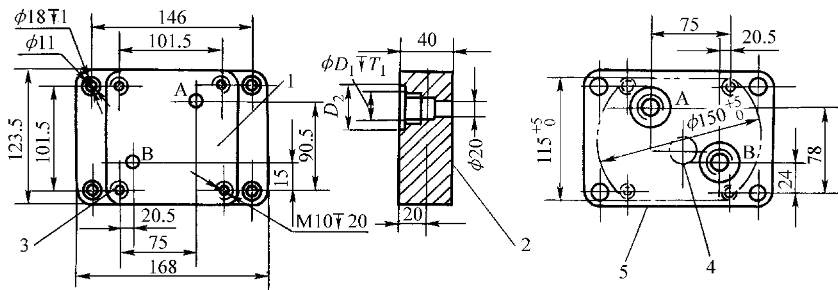
（续）



2FRM5型调速阀连接底板尺寸



2FRM10型调速阀连接底板尺寸



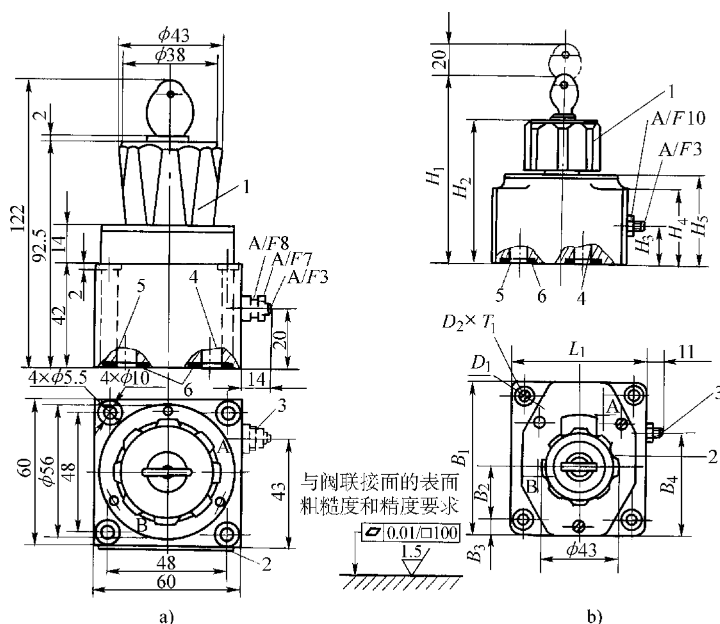
2FRM16型调速阀连接底板尺寸

1—安装面 2—底面 3—安装孔 4—对通径5、10在ϕ20mm范围内不得有此孔，对通径16在ϕ30mm范围内不得有此孔 5—与阀连接的切口轮廓

表22.7-103 2FRM型调速阀外形尺寸 （mm）

通径	B_1	B_2	B_3	B_4	D_1	D_2	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	L_1	T_1
10	101.5	35.5	9.5	68	9	15	125	95	26	51	60	95	13
16	123.5	41.5	11	81.5	11	18	147	117	34	72	82	123.5	12

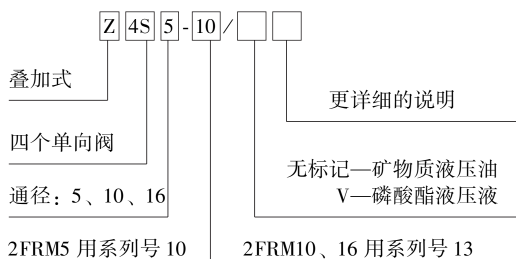
（续）



a）2FRM5 型调速阀外形尺寸　b）2FRM10 和 2FRM16 型调速阀外形尺寸

1—带锁调节手柄　2—标牌　3—减压阀行程调节器　4—进油口 A　5—回油口 B　6—O 形圈

（5）流向调整板型号说明



图形符号见图 22. 7-60。

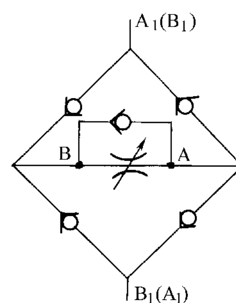


图 22. 7-60　图形符号

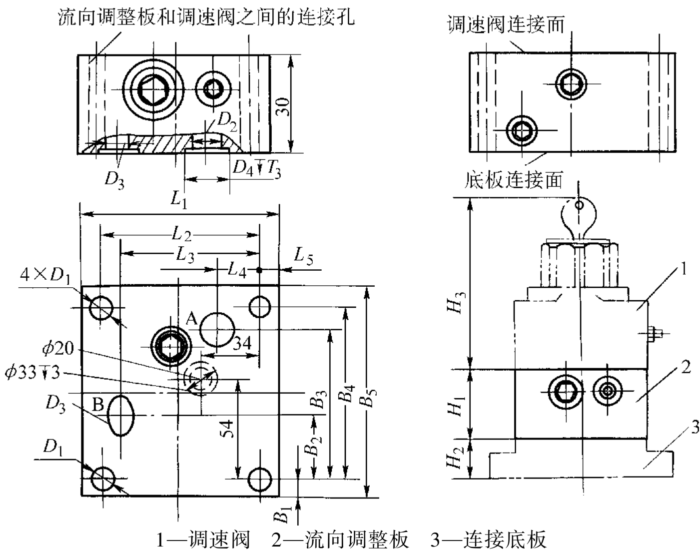
（6）外形尺寸（见表 22. 7-104）

表 22. 7-104　Z4S 型流向调整板外形尺寸　（mm）

通径	连接底板和调速阀间的连接螺钉	H_1	H_2	H_3					
				调速阀型号					
				FRM	FRH	FR F/P	FRW	FRW F/P	FRE
5	4×M5×80	30	25	122	—	—	—	—	—
10	4×M8×100	50	30	125	124	203	190	203	199
16	M10×160	85	40	147	126	225	212	225	207

通径	连接底板和调速阀间的连接螺钉	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	D_1	D_2	D_3	D_4	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	T_3	重量/kg
5	4×M5×80	6	15	36	48	60	5. 8	6	6	17	60	48	41	10	6	1. 8	0. 6
10	4×M8×100	9. 5	30	71. 5	82. 5	101. 5	9	15	13	22	95	76	66. 5	21	9. 5	2. 3	3. 2
16	M10×160	11	17	88	101. 5	123. 5	11	20	20	33	123. 5	101. 5	81	26. 5	11	2. 3	9. 3

（续）

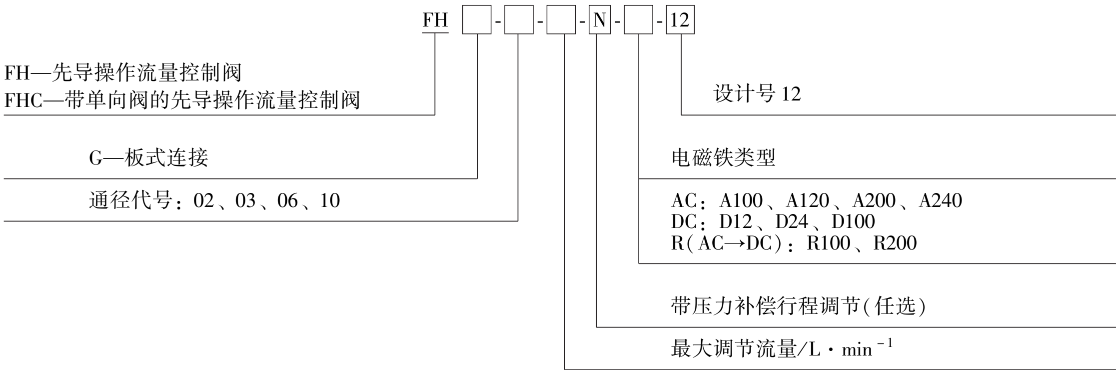


1—调速阀　2—流向调整板　3—连接底板

3.4.3　FH 型先导操作流量控制阀/FHC 先导操作单向流量控制阀

本元件用液压机构代替手动调节旋钮进行流量调节，并能使执行元件在加速、减速时平稳变化，实现无冲击控制。另外，本元件还具有压力、温度补偿功能，保证调节流量的稳定。

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.7-105)

表 22.7-105　技术规格

通径代号	02	03	06	10
通径/mm	6	10	20	30
最大流量/L · min^{-1}	30	125	250	500
最小稳定流量/L · min^{-1}	0.05	0.2	2	4
最高工作压力/MPa	21			
最低先导压力/MPa	1.5			
重量/kg	13	17	32	61
介质粘度/mm^2 · s^{-1}	15 ~400			
介质温度/℃	-15 ~70			

图形符号见图 22.7-61。

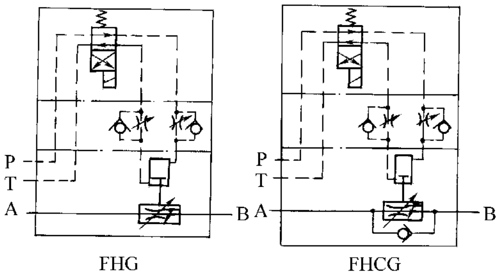


图 22.7-61　图形符号

流量调整方法：

1）电磁换向阀在“ON”状态(图 22.7-62 中

②)，达到最大流量调整螺钉设定的流量，执行元件按设定的最高速度动作，顺时针转动调节螺钉，则流量减少。

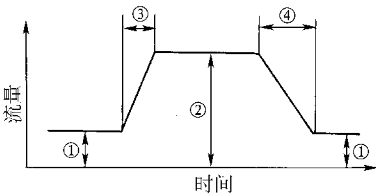


图 22.7-62　控制图形

2）电磁换向阀在“OFF”状态(图 22.7-62 中①)，达到最小流量调整螺钉设定的流量，执行元件按设定的最低速度动作，顺时针转动调整螺钉，则流量增大。

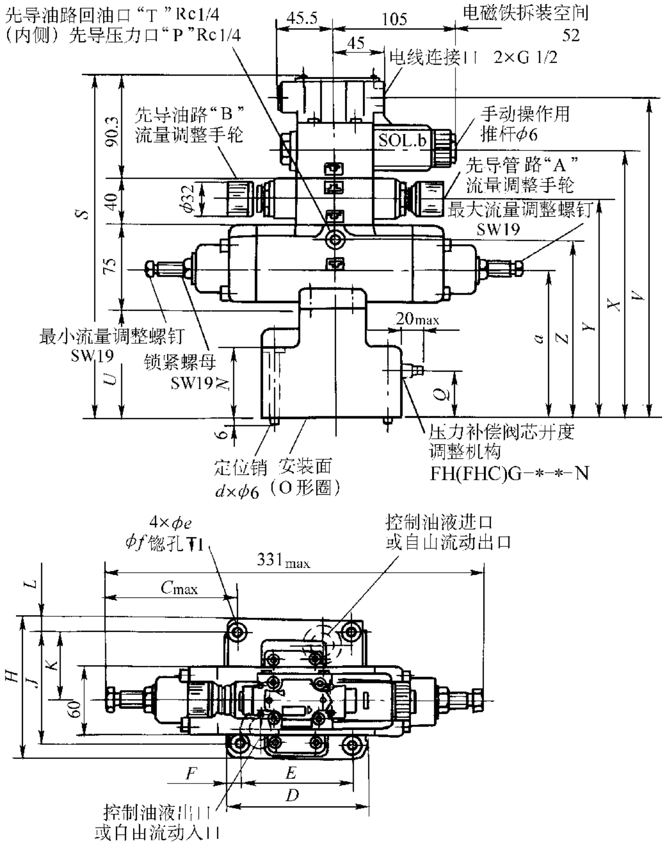
3）使电磁换向阀从“OFF”到“ON”时，从小流量转换为大流量，执行元件从低速转换为高速，转换时间用先导管路“A”流量调节手轮设定。

4）使电磁换向阀从“ON”到“OFF”时，从大流量转换为小流量，执行元件从高速转换为低速，转换时间用先导管路“B”流量调节手轮设定。

（3）外形尺寸(见表 22.7-106)

表 22.7-106　外形尺寸　（mm）

型号	C_{min}	D	E	F	H	J	K	L	N	Q	S	U	V	X	Y	Z	a	d	e	ϕf
FH(FHC)G-02	127.4	96	76.2	9.9	100.6	82.6	44.3	9	40	23	274.3	69	256	209	166	129	104	1	8.8	14
FH(FHC)G-03	114.7	125	101.6	11.7	125	101.6	61.8	11.7	64	41	303.3	98	285	238	195	158	133	2	11	17.5



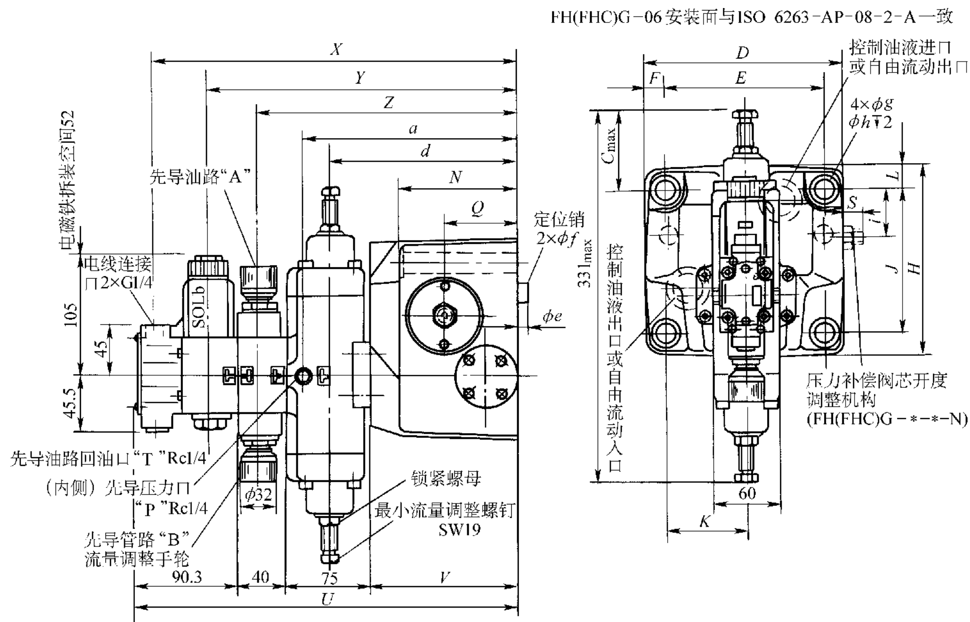
安装面与下面的 ISO 标准一致

FH(FHC)G-02：ISO 6263-AK-06-2-A

FH(FHC)G-03：ISO 6263-AM-07-2-A

型号	C	D	E	F	H	J	K	L	N	Q	S	U	V	X	Y	Z	a	d	e	f	g	h	i
FH(FHC)G-06	66.5	180	146.1	17	174	133.4	73.1	20.3	105	65	18	335.3	130	317	270	227	190	165	7	16	17.5	26	44
FH(FHC)G-10	21	244	196.9	23.5	228.2	177.8	98.5	25.1	137	85	23	365.3	160	347	300	257	220	195	10	18	21.5	32	61

（续）

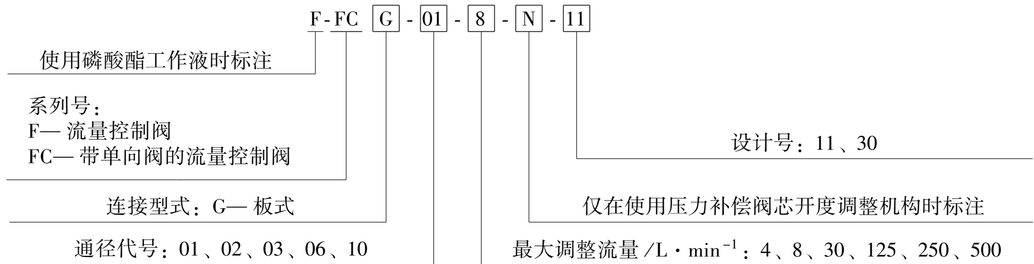


	型号	底板型号	连接口/in	重量/kg	
底板	FH(FHC)G-02	FGM-02-20	Rc¼	2.3	底板尺寸见 F(*)G
		FGM-02X-20	Rc⅜	2.3	
		FGM-02Y-20	Rc½	3.1	
	FH(FHC)G-03	FGM-03X-20	Rc½	3.9	
		FGM-03Y-20	Rc¾	5.7	
		FGM-03Z-20	Rc1	5.7	
	FH(FHC)G-06	FGM-06X-20	Rc1	12.5	
		FGM-06Y-20	Rc1¼	16	
		FGM-06Z-20	Rc1½	16	
	FH(FHC)G-10	FGM-10Y-20	Rc1½(Rc2 法兰)	37	

3.4.4 F(FC)G 型流量控制阀

F型流量控制阀由定差减压阀和节流阀串联组成，具有压力补偿及良好的温度补偿性能。FC型流量控制阀由调速阀与单向阀并联组成，油流能反向回流。

（1）型号意义



（2）技术规格(见表 22.7-107)

表 22.7-107　技术规格

型　　号	最大调整流量/L·min⁻¹	最小调整流量/L·min⁻¹	最高使用压力/MPa	重量/kg
FG/FCG-01-4/8-＊-11	4，8	0.02(0.04)	14.0	1.3
FG/FCG-02-30-＊-30	30	0.05	21.0	3.8
FG/FCG-03-125-＊-30	125	0.2		7.9
FG/FCG-06-250-＊-30	250	2		23
FG/FCG-10-500-＊-30	500	4		52

注：1. 括号内是在 7MPa 以上的数值。
2. 生产厂：榆次油研液压有限公司。

（3）特性曲线(见图 22.7-63、图 22.7-64)

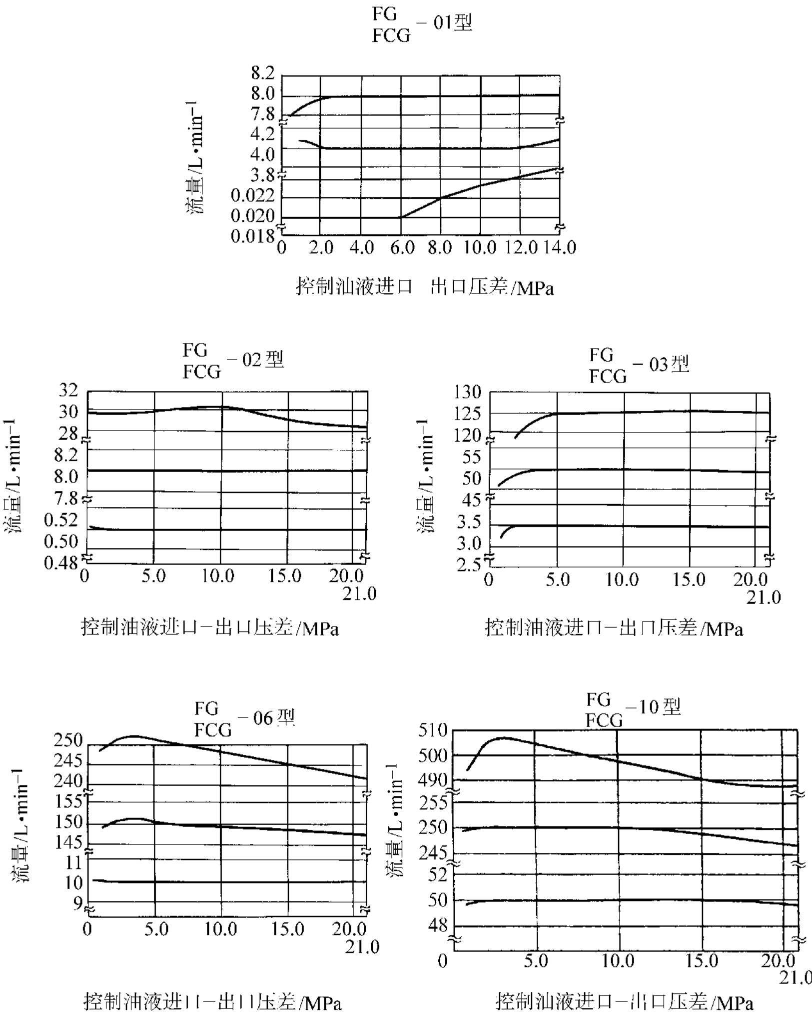


图 22.7-63　压力-流量特性曲线

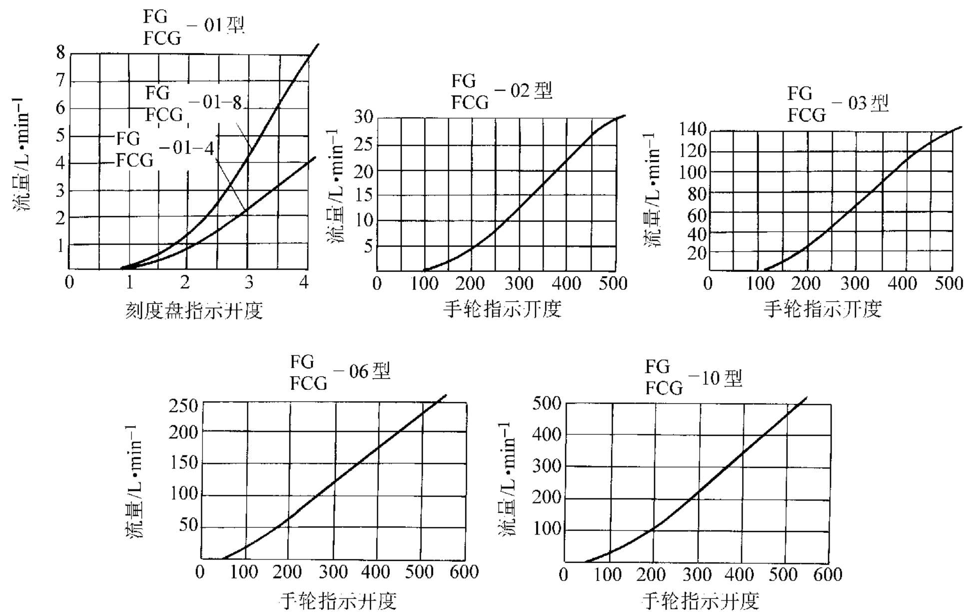
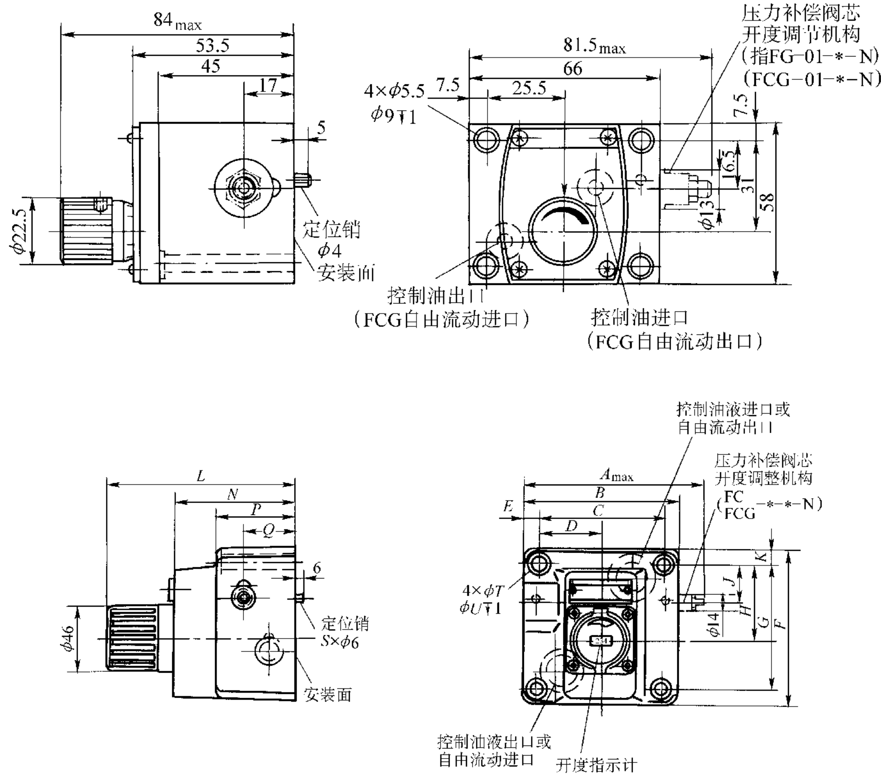


图22.7-64　开度-流量特性曲线

（4）外形及安装板尺寸(见表22.7-108、表22.7-109)

表22.7-108　外形尺寸　（mm）

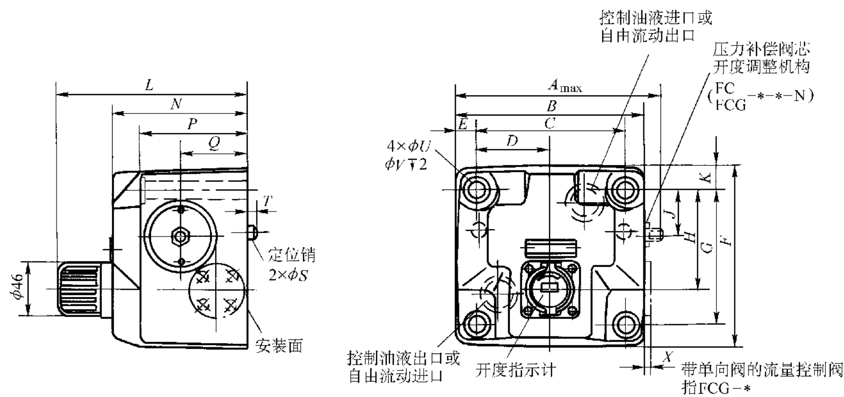


安装面F(FC)G-02与ISO 6263．AB-06-4-B一致

安装面F(FC)G-03与ISO 6263．AK-022.7-2-A一致

（续）

型　号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	Q	S	T	U
FG FCG -02	116	96	76. 2	38. 1	9. 9	104. 5	82. 6	44. 3	24	9. 9	123	69	40	23	1	8. 8	14
FG FCG -03	145	125	101. 6	50. 8	11. 7	125	101. 6	61. 8	29. 8	11. 7	152	98	64	41	2	11	17. 5



F＊G. 06 的安装面与 ISO 6263. AP. 0-2-A 一致

型　号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	Q	S	T	U	V	X
FG FCG -06	198	180	146. 1	73	17	174	133. 4	99	44	20. 3	184	130	105	65	16	7	17. 5	26	10
FG FCG -10	267	244	196. 9	98. 5	23. 5	228	177. 8	144. 5	61	25	214	160	137	85	18	10	21. 5	32	15

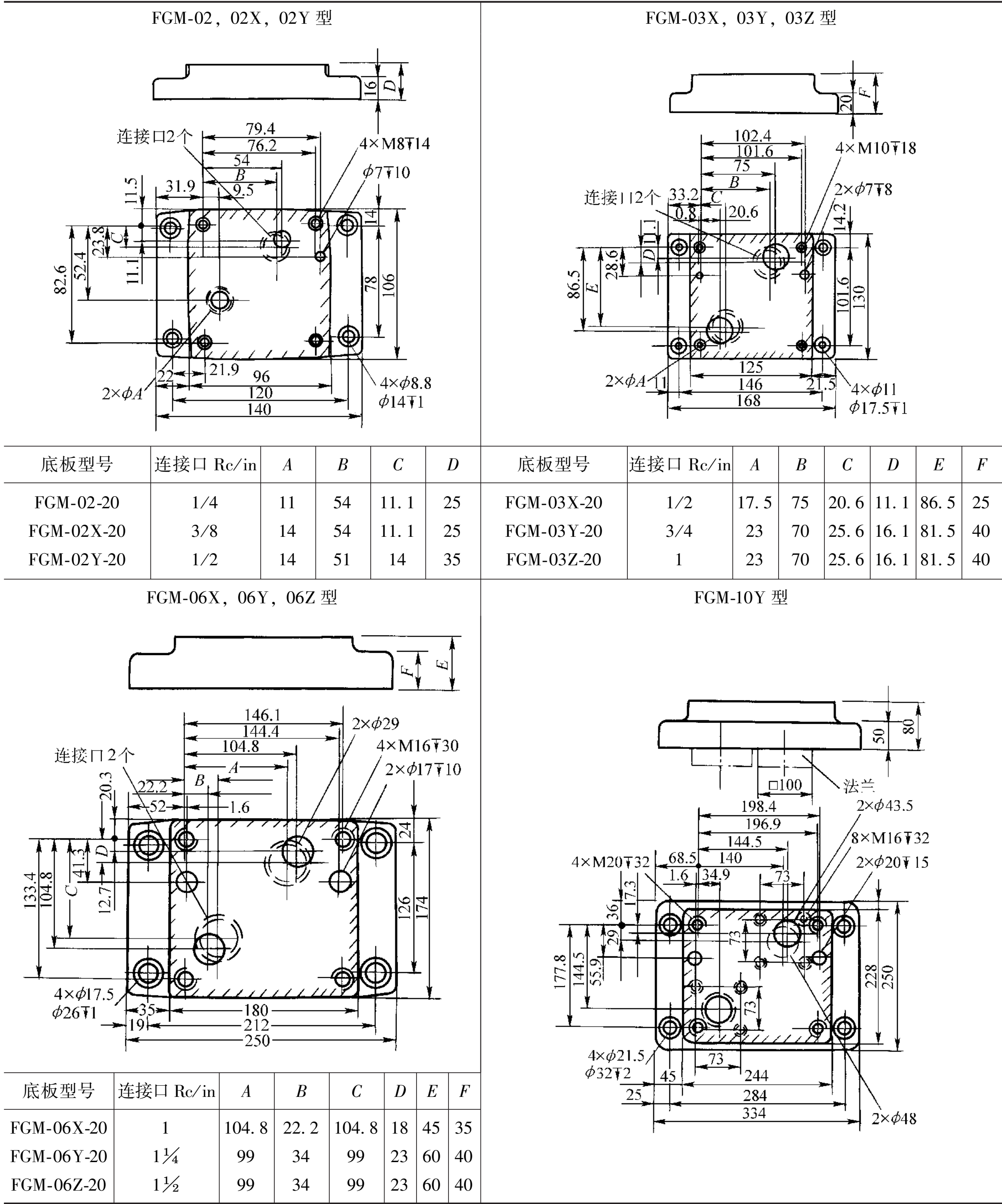
表 22. 7-109　安装底板尺寸　（mm）

型　号	底板型号	连接口 Rc/in	重量/kg
FG FCG -01	FGM-01X-10	1/4	0. 8
FG FCG -02	FGM-02-20 FGM-02X-20 FGM-02Y-20	1/4 3/8 1/2	2. 3 2. 3 3. 1
FG FCG -03	FGM-03X-20 FGM-03Y-20 FGM-03Z-20	1/2 3/4 1	3. 9 5. 7 5. 7
FG FCG -06	FGM-06X-20 FGM-06Y-20 FGM-06Z-20	1 1¼ 1½	12. 5 16 16
FG FCG -10	FGM-10Y-20	1½，2，法兰安装	37
注：使用底板时，请按上面的型号订货			

FGM-01X 型

17　22
63　51　36　9　6
4×M5▼14
φ5▼8
55　43　34.5　16.5　14　6
12.5
2×φ6
2×Rc1/4
6　76　88
4×φ5.5
φ9▼1

（续）



底板型号	连接口 Rc/in	A	B	C	D
FGM-02-20	1/4	11	54	11.1	25
FGM-02X-20	3/8	14	54	11.1	25
FGM-02Y-20	1/2	14	51	14	35

底板型号	连接口 Rc/in	A	B	C	D	E	F
FGM-03X-20	1/2	17.5	75	20.6	11.1	86.5	25
FGM-03Y-20	3/4	23	70	25.6	16.1	81.5	40
FGM-03Z-20	1	23	70	25.6	16.1	81.5	40

底板型号	连接口 Rc/in	A	B	C	D	E	F
FGM-06X-20	1	104.8	22.2	104.8	18	45	35
FGM-06Y-20	1¼	99	34	99	23	60	40
FGM-06Z-20	1½	99	34	99	23	60	40

3.5　分流集流阀

3.5.1　FL、FDL、FJL 型分流集流阀

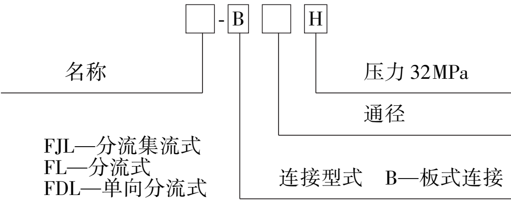
FL、FDL、FJL 型分流集流阀又称同步阀，内部设有压力反馈机构，在液压系统中可使由同一台泵供油的2～4只液压缸或液压马达，不论负载怎样变化，基本上能达到同步运行。该阀具有结构紧凑、体积小、维护方便等特点。

FL 型分流阀按固定比例自动将油流分成两个支

流，使执行元件一个方向同步运行。FDL 型单向分流阀在油流反向流动时，油经单向阀流出，可减少压力损失。FJL 型分流集流阀按固定比例自动分配或集中两股油流，使执行元件双向同步运行。

这种阀安装时应尽量保持阀芯轴线在水平位置，否则会影响同步精度，不许阀芯轴线垂直安装。当使用流量大于阀的额定流量时，流经阀的能量损失增大，但速度同步精度有所提高，若低于额定流量则能量损失减小，但速度同步精度降低。

(1) 型号说明



(2) 技术规格(见表 22.7-110)

(3) 外形尺寸(见图 22.7-65)

表 22.7-110　技术规格

名　称	型　号	通径 /mm	流量/L·min⁻¹		压力/MPa		速度同步误差(%)≤				重量 /kg
							A、B 口压差/MPa				
			P、O	A、B	最高	最低	≤1	≤6.3	≤20	≤30	
分流-集流式同步阀	FJL-B10H FJL-B15H FJL-B20H	10 15 20	40 63 100	20 31.5 50							13.8
分流式同步阀	FL-B10H FL-B15H FL-B20H	10 15 20	40 63 100	20 31.5 50	32	0.2	0.7	1	2	3	13.5
单向分流式同步阀	FDL-B10H FDL-B15H FDL-B20H	10 15 20	40 63 100	20 31.5 50							14

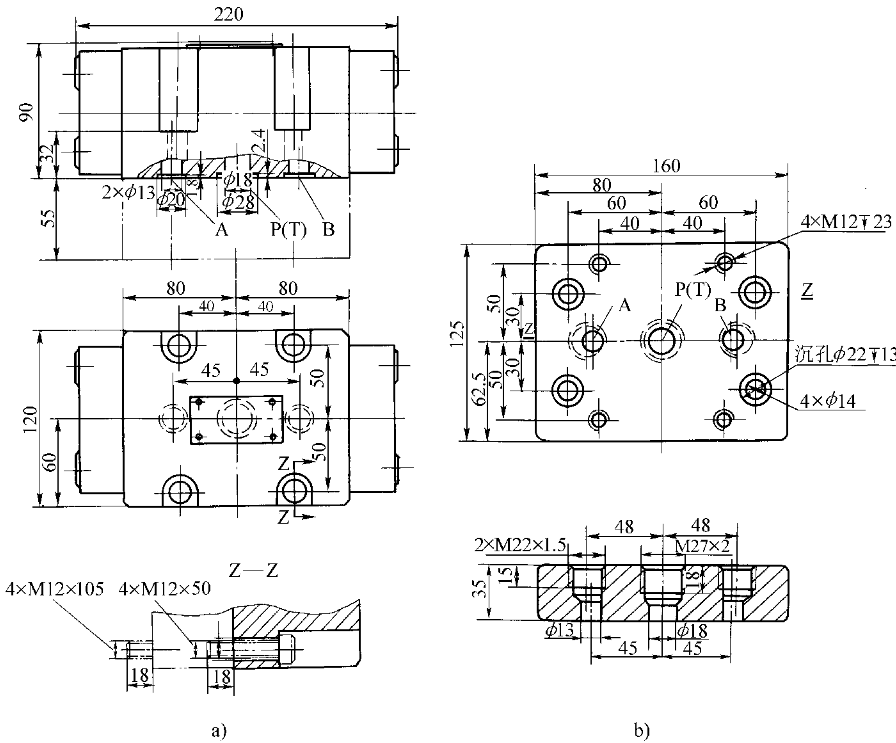
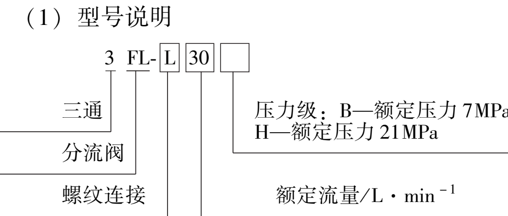


图 22.7-65　外形尺寸及连接底板
a) 外形尺寸　b) 连接底板

3.5.2　3FL-L30＊型分流阀

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.7-111）

表 22.7-111　技术规格

型　号	额定流量 /L・min^{-1}	额定压力 /MPa	同步精度 (%)	主油路	分油路
				连接螺纹	
3FL-L30B	30	7	1～3	M27×1.5	M14×1.5
3FL-L25H	25	32		M28×1.5	
3FL-L50H	50			M22×1.5	M18×1.5
3FL-L63H	63				

（3）外形尺寸（见图 22.7-66）

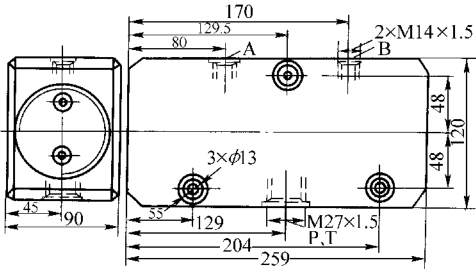
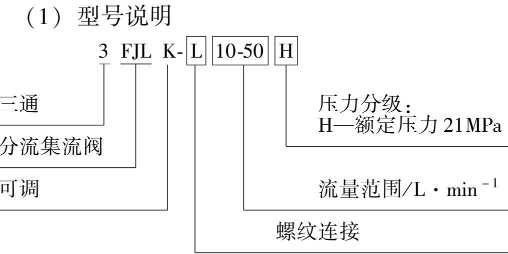


图 22.7-66　3FL-L30＊型分流阀外形尺寸

3.5.3　3FJLK-L10-50H 型可调分流集流阀

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.7-112）

表 22.7-112　技术规格

型　号	额定流量 /L・min^{-1}	额定压力 /MPa	同步精度 (%)	主油路	分油路
				连接螺纹	
3FJLK-L10-50H	10～50	21	1	M33×2	M18×1.5

（3）外形尺寸（见图 22.7-67）

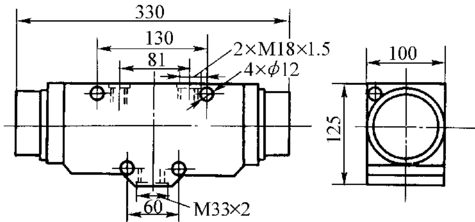
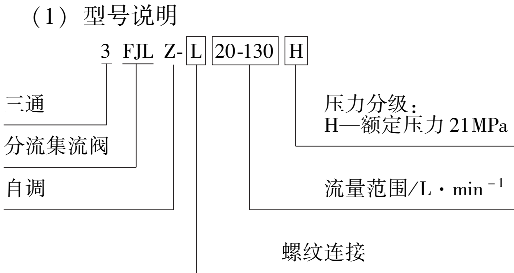


图 22.7-67　FJLK-L10-50H 型可调分流集流阀外形尺寸

3.5.4　3FJLZ-L20-130H 型自调式分流集流阀

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.7-113）

表 22.7-113　技术规格

型　号	额定流量 /L・min^{-1}	额定压力 /MPa	同步精度 (%)	主油路	分油路
				连接螺纹	
3FJLZ-L20-130	20～130	21	1	M33×2	M27×2

（3）外形尺寸（见图 22.7-68）

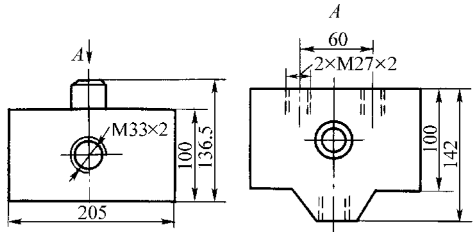


图 22.7-68　3FJLZ-L20-130 型自调式分流集流阀外形尺寸

4　方向控制阀

方向控制阀简称方向阀。按其用途可分为单向阀和换向阀两大类。单向阀主要控制油流单方向流动，而换向阀主要起改变油液方向的作用。

4.1　单向阀及液控单向阀

4.1.1　S 型/RVP 型单向阀

单向阀常被安置在液压泵的出油口，可防止系统压力异常升高时损坏液压泵。另外拆卸泵时系统中的油不会流失。单向阀还可作保压阀用，对开启压力大的单向阀，还可作背压阀用。

（1）结构原理

单向阀又称止回阀或逆止阀。它的作用是使油流只能沿一个方向通过，而不能反向流动。单向阀有直通式和直角式两种。连接型式有管式、板式及法兰式。

图 22.7-69 是 S 型直通单向阀的结构原理图。另外，还有 S 型插入式直通和直角单向阀。开启压力大于 0.3MPa 的单向阀可作背压阀使用。RVP 型单向阀原理同 S 型直通单向阀。

A　B　A　B　图形符号

图 22.7-69　S 型直通单向阀结构原理图及图形符号

（2）型号说明

S □ □ □ O / □ □ □

- 单向阀
- 通径：6、8、10、15、20、25、30、40、50、63、80、100、125、150
- 连接型式：A—管式；P—板式；K—插装式；F—法兰式
- 开启压力：0—无弹簧；1—0.05MPa；2—0.15MPa；3—0.3MPa；5—0.5MPa
- 系列号
- 无标志—矿物油；V—磷酸酯液
- 螺纹型式（仅 A 型）：无标志—圆柱管螺纹；2—米制
- 附加说明

R VP — □ — 1 — 0 / □

- 单向阀
- 板式连接
- 通径：6、8、10、12、16、20、25、30、40
- 钢质材料
- 系列号
- 开启压力：0.05 和 0.45MPa

（3）技术规格及特性曲线（见表 22.7-114）

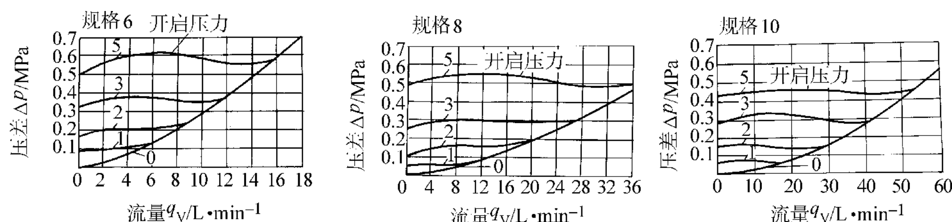
表 22.7-114　技术规格及特性曲线

连接型式 \ 通径/mm		6	8	10	12	15	16	20	25	30	40
S 型	管式	✓	✓	✓	—	✓	—	✓	✓	—	—
	板式	—	—	✓	—	—	—	✓	—	✓	—
	插入式	✓	✓	✓	—	✓	—	✓	✓	—	—
RVP 型	板式	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓
连接型式 \ 通径/mm		40	50	63	80	100	125	150			
S 型	法兰式	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			

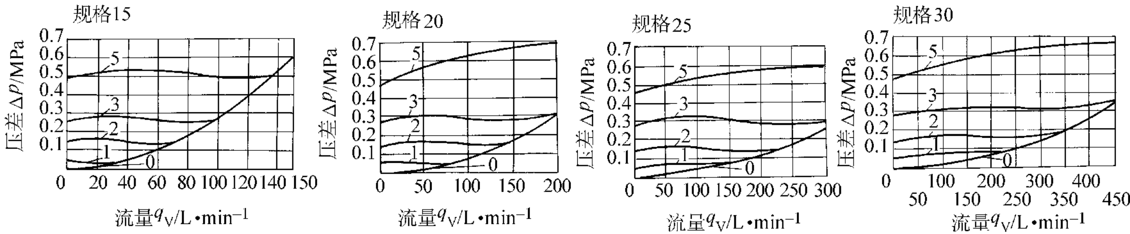
项目	数值
最大工作压力/MPa	31.5
最大流量/L·min^{-1}	18～15000（见特性曲线）
介质粘度/mm^2·s^{-1}	2.8～380
介质温度/℃	-30～80

注：标记—为无此产品

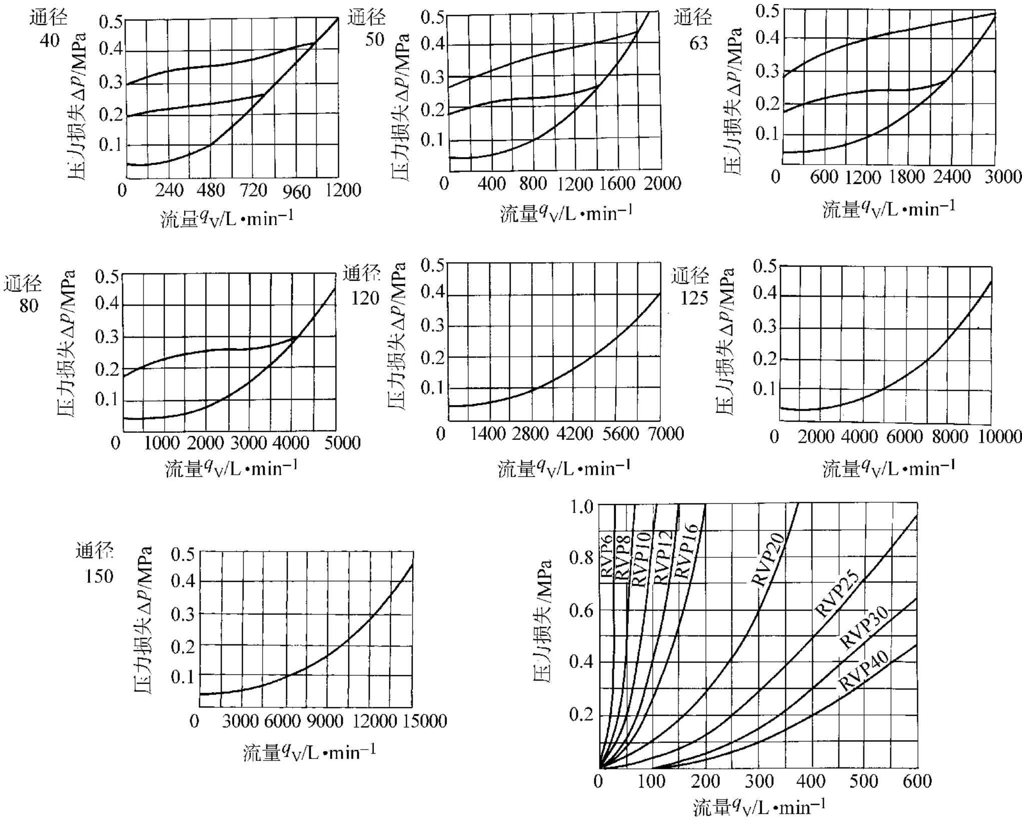
工作曲线（在 $\nu=41\text{mm}^2/\text{s}$ 及 $t=50℃$ 时测得）



（续）



S 型单向阀流量-压力特性曲线



RVP 型单向阀流量-压力特性曲线

（4）外形尺寸（见表 22.7-115）

表 22.7-115　外形尺寸　　（mm）

		通径	D_1		H_1	L_1	T_1	S_1	重量/kg
			米制	管制					
管式连接	ϕD_1　ϕD_1　T_1　L_1　T_1　H_1　S_1	6	M14×1.5	G1/4	22	58	12	19	0.1
		8	M18×1.5	G3/8	28	58	12	24	0.2
		10	M22×1.5	G1/2	34.5	72	14	30	0.3
		15	M27×2	G3/4	41.5	85	16	36	0.5
		20	M33×2	G1	51.9	98	18	45	1.0
		25	M42×2	G1¼	69	120	20	60	2.0
		30	M48×2	G1½	72.7	132	22	63	2.5

（续）

插装式直通单向阀

通径	D_1（H7）	D_2	D_3（H8）	H	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	重量/kg
6	10	6	11	4	9.5	19	21.8	29.8	18	0.06
8	13	8	14	4	9.5	18	22.8	32.8	18	0.06
10	17	10	18	4	11.5	21	28.8	38.8	23	0.06
15	22	15	24	5	14.5	27	36.4	48.4	28	0.10
20	28	20	30	5	16	29	44	59	33	0.20
25	36	25	38	7	24.5	39	55	73	41	0.25
30	42	30	45	7	25	42	63	83	47	0.80

插管式直角单向阀

通径	D_1（H7）	D_2	D_3（H8）	D_4	H	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	重量/kg
6	10	6	11	6	4	11.2	9.5	10	16.5	20.5	28.5	0.06
8	13	8	14	8	4	11.9	9.5	16	21.5	26.5	36.5	0.06
10	17	10	18	10	4	14.3	11.5	16	23.5	29.5	39.5	0.06
15	22	15	24	15	5	18	14.5	18	25.5	34	46	0.10
20	28	20	30	20	5	18.8	16	23	30	40.5	55.5	0.20
25	36	25	38	25	7	28.5	24.5	31	43	57.5	75.5	0.25
30	42	30	44	30	7	28.5	25	37	47.5	63.5	83.5	0.30

法兰连接

通径40～80

通径100～150

通径	B_1	B_2	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	H_1	H_2	L	L_1	L_2	T_1	T_2	重量/kg
40	98	—	40	M16	M10	98	—	100	80	205.5	135.5	135.5	30	15	
50	118	—	50	M20	M10	118	—	120	100	235.5	165.5	165.5	35	15	
63	148	36	63	M20	M8	145	—	150	120	278	202	202	40	20	
80	178	36	80	M30	M10	175	—	180	150	332	244	244	50	25	
100	—	52	100	M24	—	200	250	—	—	392.5	280.5	—	40	—	
125	—	52	125	M30	—	245	300	—	—	470.5	350.5	—	50	—	
150	—	70	150	M36	—	290	360	—	—	641	510	—	60	—	

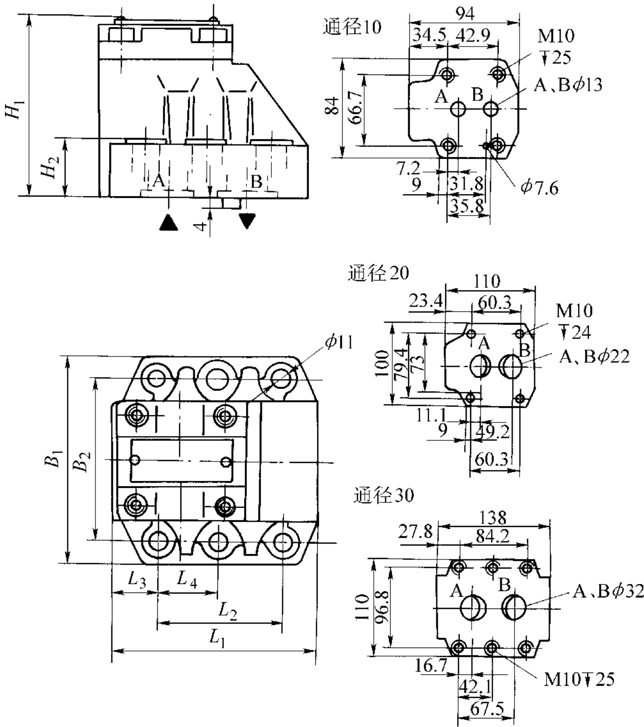
RVP型板式连接

（续）

	通径	B	B_1	D_2	D_3	D_4	H	H_1	H_2	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	O形圈（GB/T 3452.1）	阀固定螺钉（GB/T 70）
RVP型板式连接	6	41.5	28.5	10.5	6.6	12	23	11.5	7	46	41.5	6.4	19	—	1.6	16	6.9×1.8	M6×25
	8	46	33.5	13.1	6.6	11	25	12.5	9	65	63.5	14.2	35	—	4.5	25.5	9.5×1.8	M6×25
	10	51	38	16.1	6.6	11	25	12.5	9	72	70	18	33.5	—	4	25.5	12.5×1.8	M6×25
	12	58	44.5	18.6	6.6	12	32	16	7	84	80	21	38	—	4	30	15×1.8	M6×25
	16	70	54	24.3	9	14	45	22.5	11	107	104	14	76	38	11.4	54	21.2×2.65	M8×45
	20	76.5	60	31.8	9	14	50	25	12	131	127	16	95	47.5	19	57	26.5×2.65	M8×50
	25	100	76	37.8	11	18	55	37.5	11	169	165	15	120.5	60	20.6	79.5	32.5×2.65	M10×60
	30	115	92	45.3	14	20	75	37.5	15	190	186	15	143	71.5	23.8	95	40×2.65	M12×80
	40	140	111	56.8	14	20	100	50	15	198	192	16	133.5	67	25.5	89	51.5×2.65	M12×100

S型板式单向阀外形尺寸

底板连接面尺寸



通径	B_1	B_2	L_1	L_2	L_3	L_4	H_1	H_2
10	85	66.7	78	42.9	19.7	—	65	21
20	102	79.4	101	60.3	23.4	—	93.5	31.5
30	120	96.8	128	84.2	27.8	42.1	120	46

连 接 板

NG10：G460/1（G3/8） G461/1（G1/2）；NG20：G412/1（G3/4） G413/1（G1）；

NG30：G414/1（G11/4） G415/1（G11/2）

4.1.2　SV/SL 型液控单向阀

液控单向阀的应用范围很广，如利用液控单向阀的锁紧回路、防止自重下落回路、充液阀回路、旁通放油阀回路、蓄能器供油回路等。

（1）结构原理

液控单向阀亦称液压操纵单向阀或单向闭锁阀。它是在普通单向阀上增加液控部分，SV 型和 SL 型液控单向阀的结构原理图及图形符号见图 22.7-70 和 22.7-71。当油液沿 A 向 B 方向流动时，与普通单向阀的功能完全一致，当油液从 B 向 A 方向流动时，由于阀芯锥面紧压阀体内孔上而使油流不能通过，此时，可通过控制口 X 处接入控制压力油将控制活塞顶起，并将锥阀芯强迫顶开，而使油流从 B 腔到 A 腔反向流动。SV 型和 SL 型这两种结构的区别是泄漏油的回油方式不同，SV 型为内部回油，SL 型为外部回油，此外液控单向阀又根据反向进油压力高低，分为带卸荷阀芯和不带卸荷阀芯两种型式。

X　A(P2)　B(P1)　3　1　2　B　A　图形符号

图 22.7-70　SV 型液控单向阀结构原理图及图形符号
1—锥阀芯　2—卸荷阀芯　3—控制活塞

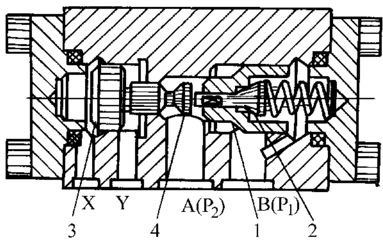


图 22.7-71　SL 型液控单向阀结构原理图
1—锥阀芯　2—卸荷阀芯　3—控制活塞　4—顶杆

（2）型号说明

S □ □ □ □ □ 30 / □ □ □

不带泄油口　=V
带泄油口　=L

型号	SV		SL	
油口	G	P	G	P
通径：10	10	10	10	10
通径：15	15	—	15	—
通径：20	20	20	20	20
通径：25	25	—	25	—
通径：30	30	30	30	30

连接型式：管式　=G
　　　　　板式　=P

带先导阀　=A
不带先导阀　=B

开启压力：1～0.3MPa；2～0.5MPa；3～0.7MPa

系列号

无标志—矿物油；V—磷酸酯液

螺纹型式（仅 A 型）：无标志—圆柱管螺纹
　　　　　　　　　　2—米制

附加说明

（3）技术规格及特性曲线（见表 22.7-116、表 22.7-117）

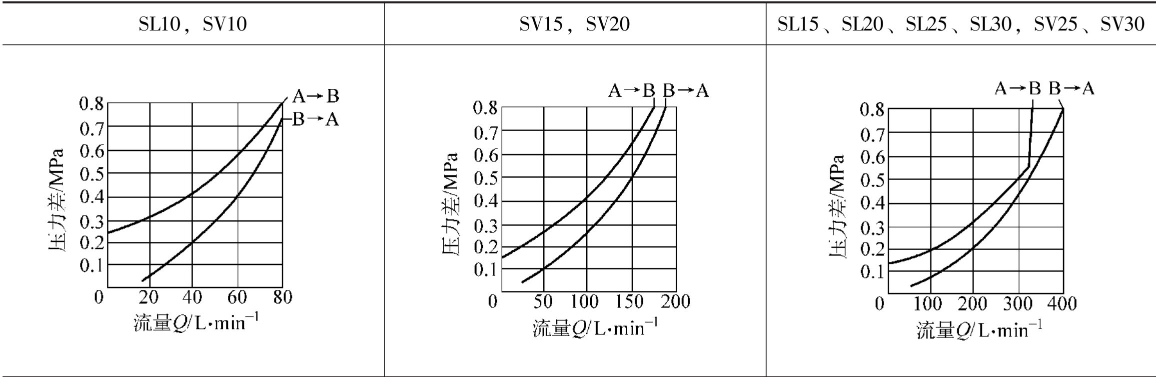
表 22.7-116　技术规格

型号	SV10	SL10	SV15 和 SV20	SL15 和 SL20	SV25 和 SV30	SL25 和 SL30
X 口控制容积/cm^3	2.2		8.7		17.5	
Y 口控制容积/cm^3	—	1.9	—	7.7	—	15.8
液流方向	A 至 B 自由流通，B 至 A 自由流通（先导控制时）					
工作压力/MPa	～31.5					
控制压力/MPa	0.5～31.5					
液压油	矿物油 磷酸酯液					
油温范围/℃	-30～70					
粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	2.8～380					

重量/kg	SV10，SL10	SV15，SV20	SL15，SL20	SV25，SL25	SV30，SL30
	2.5	4.0	4.5	8.0	

表 22.7-117　特性曲线

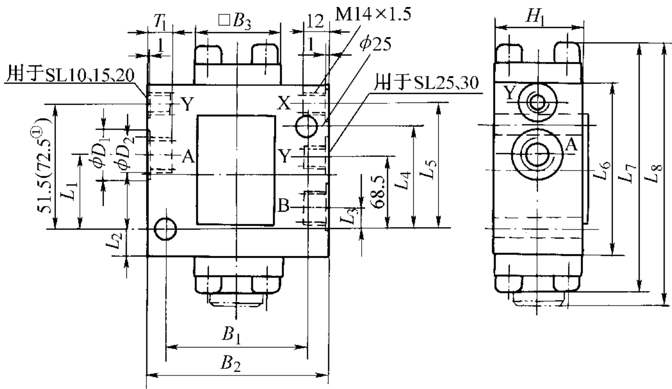
SL10，SV10	SV15，SV20	SL15、SL20、SL25、SL30，SV25、SV30



（4）外形尺寸（见表 22.7-118、119）

表 22.7-118　外形尺寸　　（mm）

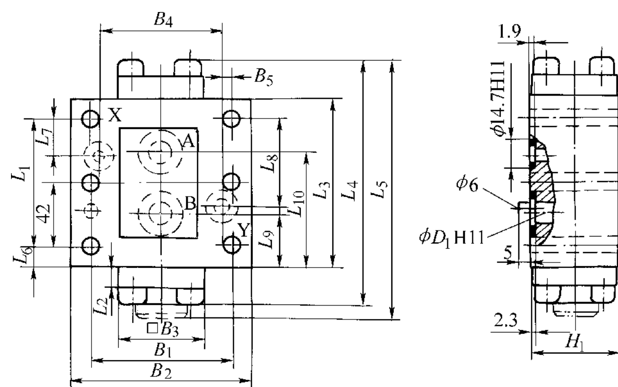
	阀型号＼尺寸		B_1	B_2	B_3	D_1	D_2 米制	D_2 管式	H_1	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	T_1	备注
螺纹连接	SV	10	66.5	85	40	34	M22×1.5	G1/2	42	27.5	18.5	10.5	33.5	49	80	116	116	14	1. 尺寸 L_7 只适用于开启压力 1 和 2 的阀 2. 尺寸 L_8 只适用于开启压力 3 的阀
		15	79.5	100	55	42	M27×2	G3/4	57	36.7	17.3	13.3	50.5	67.5	95	135	146	16	
		20	79.5	100	55	47	M33×2	G1	57	36.7	17.3	13.3	50.5	67.5	95	135	146	18	
		25	97	120	70	58	M42×2	G1¼	75	54.5	15.5	20.5	73.5	89.5	115	173	179	20	
		30	97	120	70	65	M48×2	G1½	75	54.5	15.5	20.5	73.5	89.5	115	173	179	22	
	SL	10	66.5	85	40	34	M22×1.5	G1/2	42	22.5	18.5	10.5	33.5	49	80	116	116	14	
		15	79.5	100	55	42	M27×2	G3/4	57	30.5	17.5	13	50.5	72.5	100	140	151	16	
		20	79.5	100	55	47	M33×2	G1	57	30.5	17.5	13	50.5	72.5	100	140	151	18	
		25	97	120	70	58	M42×2	G1¼	75	54.5	15.5	20.5	84	99.5	125	183	189	20	
		30	97	120	70	65	M48×2	G1½	75	54.5	15.5	20.5	84	99.5	125	183	189	22	



SV/SL 型液控单向阀外形尺寸图（螺纹连接）　①—括号中尺寸为 SL15、SL20

	阀型号＼尺寸		B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	D_1	H_1	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	备注
板式安装	SV	10	66.5	85	40	58.8	—	20.6	42	43	10	80	116	116	18.5	21.5	—	25.75	54.25	1. 尺寸 L_4 只适于开启压力 1 或 2 的阀 2. 尺寸 L_5 只适于开启压力 3 的阀
		20	79.5	100	55	73	—	29.4	57	60.5	10	95	135	146	17.3	20.6	—	30.5	66.5	
		30	97	120	70	92.8	—	39.2	75	84	17	115	173	179	15.5	24.6	—	35	83	
	SL	10	66.5	85	40	58.8	7.9	20.6	42	43	10	80	116	116	18.5	21.5	21.5	25.75	54.25	
		20	79.5	100	55	73	6.4	29.4	57	60.5	10	100	140	151	17.3	20.6	39.7	30.5	66.5	
		30	97	120	70	92.8	3.8	39.2	75	84	17	125	183	189	15.5	24.6	59.5	35	83	

（续）



SV/SL 型液控单向阀外形尺寸图(板式安装)

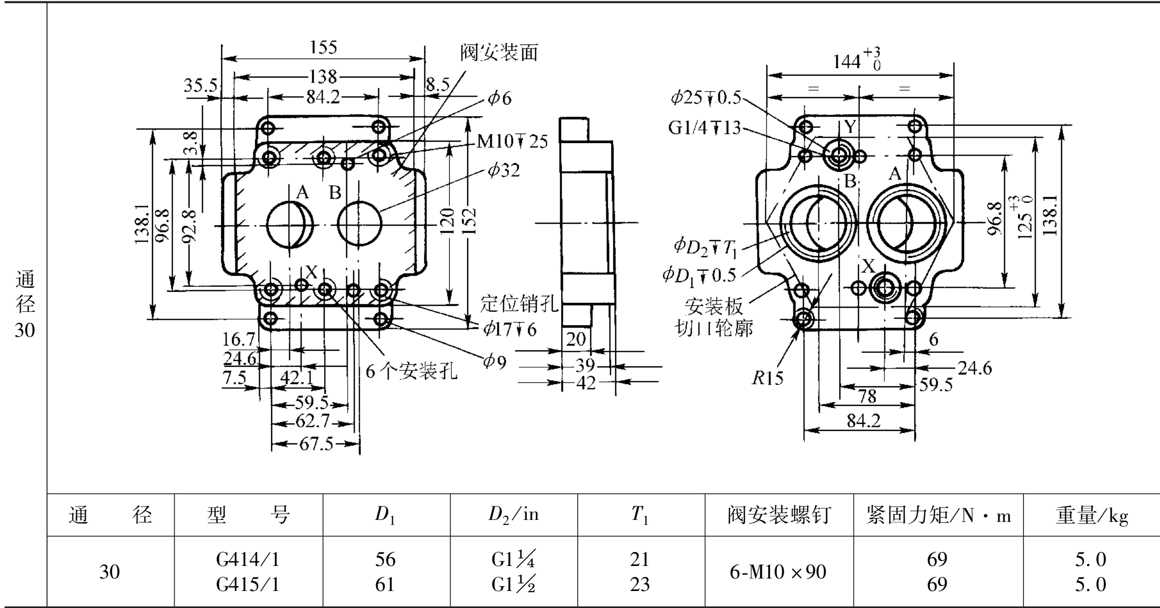
表 22.7-119　安装底板　（mm）

通　　径	型　　号	D_1	D_2/in	T_1	阀安装螺钉	紧固力矩/N·m	重量/kg
10	G460/1	28	G3/8	13	4-M10×60	69	1.7
	G461/1	34	G1/2	15		69	1.7

通　　径	型　　号	D_1	D_2/in	T_1	阀安装螺钉	紧固力矩/N·m	重量/kg
20	G412/1	42	G3/4	17	4-M10×80	69	3.3
	G413/1	47	G1	20		69	3.3

（续）

通径30

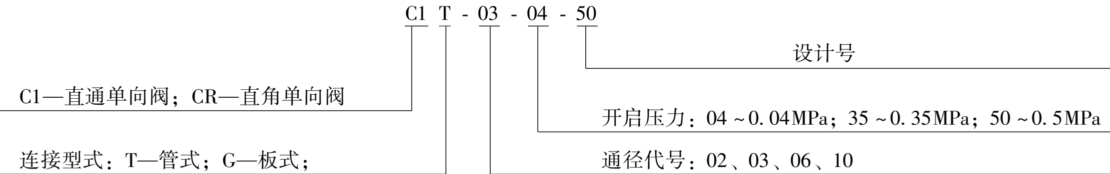


通　　径	型　　号	D_1	D_2/in	T_1	阀安装螺钉	紧固力矩/N·m	重量/kg
30	G414/1 G415/1	56 61	G1¼ G1½	21 23	6-M10×90	69 69	5.0 5.0

4.1.3 C型单向阀/CP型液控单向阀

1. C型单向阀

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.7-120)

表22.7-120　技术规格

型　　号		重量/kg	额定流量/L·min^{-1}	最高使用压力/MPa	开启压力/MPa
管式连接（直通单向阀）	CIT-02-＊-50	0.1	16	25	0.04
	CIT-03-＊-50	0.3	30		0.35
	CIT-06-＊-50	0.8	85		0.5
	CIT-10-＊-50	2.3	230		
管式连接（直角单向阀）	CRT-03-＊-50	0.9	40	25	0.04
	CRT-06-＊-50	1.7	125		0.35
	CRT-10-＊-50	5.6	250		0.5
板式连接（直角单向阀）	CRG-03-＊-50	1.7	40	25	0.04
	CRG-06-＊-50	2.9	125		0.35
	CRG-10-＊-50	5.5	250		0.5

（3）外形尺寸(见表22.7-121)

表 22.7-121　外形尺寸　（mm）

CIT-02，03，06，10 型号	A	B	D
CIT-02-＊-50	58	19	1/4
CIT-03-＊-50	76	27	3/8
CIT-06-＊-50	95	41	3/4
CIT-10-＊-50	133	60	1¼

CRT-03，06，10 型号	A	B	C	D	E	F	H
CRT-03	62	36	ϕ38	80.5	33	44	3/8
CRT-06	74	45	ϕ54	104.5	49	54	3/4
CRT-10	107	65	□80	130	65	80	1¼

CRG-03，06，10 型号	A	B	C	D	E	K	F	G	H
CRG-03	90	66.7	11.7	72	42.9	—	17.5	72.5	31
CRG-06	102	79.4	11.3	93	60.3	—	21.4	84.5	36
CRG-10	120	98.6	11.6	123	81.4	42.1	20.3	97	41

型号	安装面符合下列 ISO 标准
CRG-03	ISO 5781-AG-06-2-A
CRG-06	ISO 5781-AH-08-2-A
CRG-10	ISO 5781-AJ-10-2-A

（4）安装底板（见表 22.7-122）

表 22.7-122　安装底板　（mm）

型号 CRG-03 底板型号	A/in	重量/kg
CRGM-03-50	3/8	1.6
CRGM-03X-50	1/2	1.6

型号 CRG-06 底板型号	A	B	C	D	E	F	重量/kg
CRGM-06-50	124	10	77	27	36	3/4	2.4
CRGM-06X-50	136	16	82.3	22	45	1	3.0

（续）

型号 CRG-10	底板型号	A	B	C	D	E	F/in	重量/kg
CRGM-10, 10X	CRGM-10-50	150	12	96	30	45	1¼	4.8
	CRGM-10X-50	177	25.5	104	22	50	1½	5.7

2. CP 型液控单向阀

（1）型号说明

CP T - 03 - E - 04 - 50

CP—普通型；CPD—带卸荷阀型

连接型式：T—管式；G—板式

通径代号：03、06、10

泄油方式：无标志—内部泄油；E—外部泄油

开启压力：04～0.04MPa；20～0.2MPa；35～0.35MPa；50～0.5MPa

设计号

（2）技术规格（见表 22.7-123）

表 22.7-123 技术规格

型号		重量/kg	额定流量/L·min⁻¹	最高使用压力/MPa	开启压力/MPa
管式连接	CP(CPD)T-03-＊-＊-50 CP(CPD)T-06-＊-＊-50 CP(CPD)T-10-＊-＊-50	3.0 5.5 9.6	40 125 250	25	0.04 0.2 0.35 0.5
底板连接	CP(CPD)C-03-＊-＊-50 CP(CPD)C-06-＊-＊-50 CP(CPD)C-10-＊-＊-50	3.3 5.4 8.5	40 125 250	25	0.04 0.2 0.35 0.5

（3）外形尺寸及安装底板尺寸（见表 22.7-124、表 22.7-125）

表 22.7-124 外形尺寸 （mm）

CP(CPD)T—03,0.6,10

自由流动入口或反向流动出口 Rc"L"

泄油口 Rc1/4

液控口 Rc1/4

自由流动出口或反向流动进口 Rc"L"

型号	A	B	C	D	E	
CP(CPD)T-03	80	40	39	150.5	84.5	
CP(CPD)T-06	96	48	47	171.5	92.5	
CP(CPD)T-10	140	70	64	203.5	113	
型号	F	G	H	J	K	L
CP(CPD)T-03	ϕ38	60	29	67.5	26.5	3/8
CP(CPD)T-06	□62	72	35	75.5	31	3/4
CP(CPD)T-10	□80	82	40	96	43	1¼

（续）

型　　号	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*
CP(CPD)T-03	90	66.7	11.7	150.5	42.9
CP(CPD)T-06	102	79.4	11.3	171.5	60.3
型　　号	*F*	*G*	*H*		
CP(CPD)T-03	66	62	31		
CP(CPD)T-06	67.5	74	36		

表 22.7-125　安装底板(与 H 型顺序阀通用)

型　　号	底 板 型 号	连接尺寸/in	重量/kg
CP(CPD)G-03	HGM-03-20 HGM-03X-20	Rc3/8 Rc1/2	1.6 1.6
CP(CPD)G-06	HGM-06-20 HGM-06X-20	Rc3/4 Rc1	2.4 3.0
CP(CPD)G-10	HGM-10-20 HGM-10X-20	Rc1¼ Rc1½	4.8 5.7

4.1.4　4C 型液控单向阀

（1）型号说明

F3 - 4C ＊ (□) - □ - (D) □ - 2＊ - U＊

- 介质种类：F3—磷酸酯
- 液控单向阀
- 安装型式：G—板式；T—管式（米制螺纹）
- 控制活塞泄油方式：1—经下盖泄油；2—经安装面泄油
- 公称通径：03—10 通径；06—20 通径；10—32 通径
- 泄压特征：可省略，D
- 开启压力：A—0.2MPa　B—0.34MPa（此 4C＊-10 外）；C—0.5MPa　F—1MPa
- 设计号：可能改变，但 21～29 安装尺寸不变
- 螺口螺纹及螺钉：UA—锥螺纹；UG—米制螺纹

（2）技术规格(见表22.7-126)

表22.7-126　技术规格

型　　号	通径/in	重量/kg	最高工作压力/MPa	开启压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹
4C＊-03-＊	3/8	2.8	21	A：0.2 B：0.34 C：0.5 F：1	45
4C＊-06-＊	3/4	5.7			114
4C＊1-10-＊	1¼	11.9			284

（3）外形尺寸(见表22.7-127、表22.7-128)

表22.7-127　外形尺寸(CS、CT)　　(mm)

型　　号	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*	*M*
4CS-03	122	70	70	35	60	40	53	57	23.1	3/4-16UNF-2B	45.2	—
4CT(1)-06	178	93	89	50.8	75	50.8	78	70	26.9	G3/4(BSPF)	57.2	42.7
4CT-10	194	118	118	86.4	99	68.3	84	95	28.9	G1¼(BSPF)	70.6	—
4CT1-10	204	118	118	86.4	99	68.3	94	95	28.9	G1¼(BSPF)	82	54.6

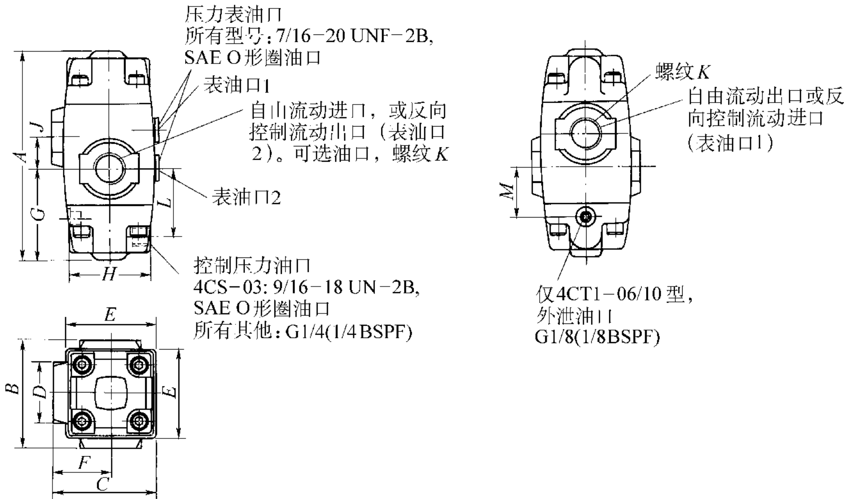
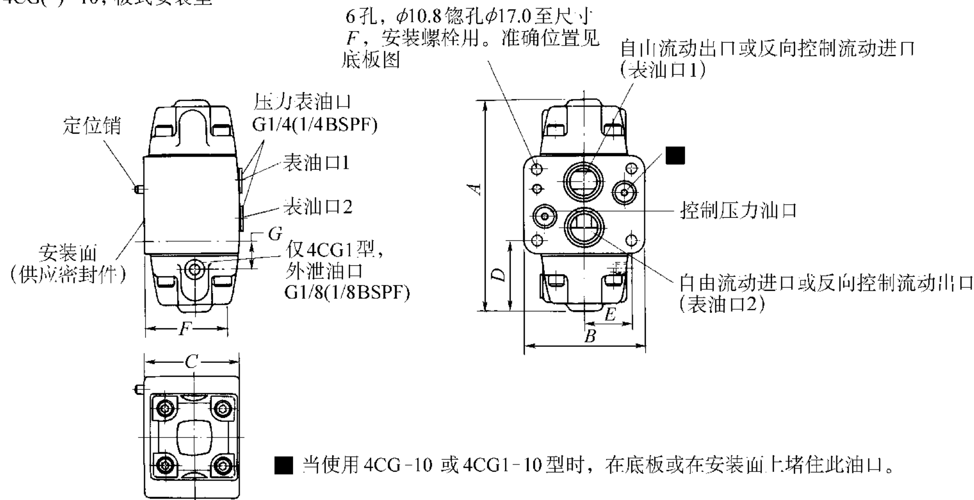


表22.7-128　外形尺寸(CG)　　(mm)

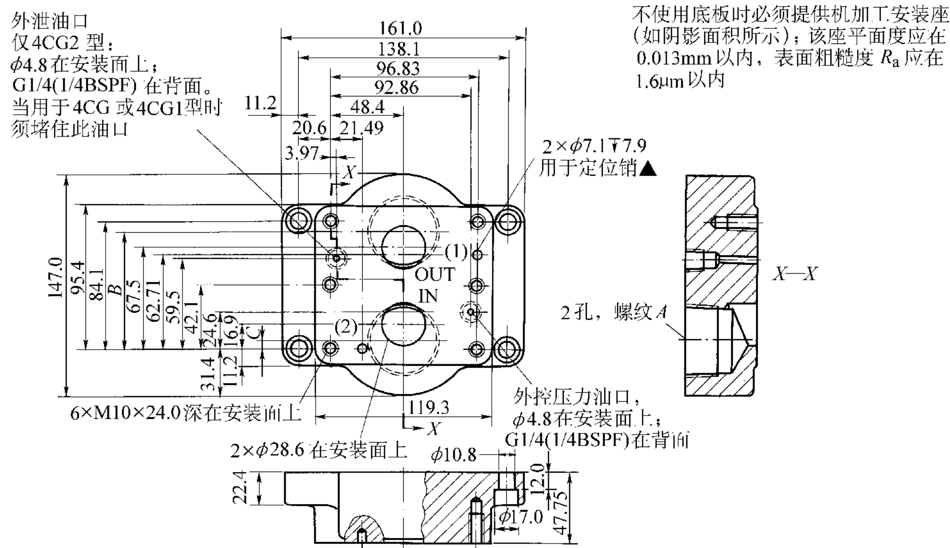


（续）

型　　号	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
4CG-10	194	118	100	55	48.4	95.3	—
4CG*-10	204	118	100	65	48.4	95.3	26

（4）安装底板（见表 22.7-129）

表 22.7-129　安装底板　（mm）



▲　液控单向阀的定位销在位置(1)；对于减压阀则在位置(2)。

型　　号	*A*/in	*B*	*C*
E-RXGM-10-20R	G1¼(1¼BSPF)	76.2	7.9
E-RXGM-10X-20R	G1½(1½BSPF)	78.1	6.0

4.1.5　PC(PCD)V 型液控单向阀

此类阀允许油液在设定的开启压力下从一个方向流通，当液控压力起作用时，油液可反向自由流通。

（1）型号说明

（2）技术规格(见表 22.7-130)

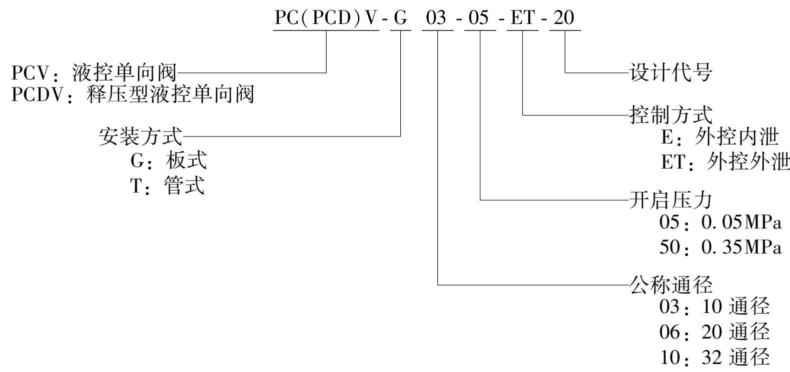
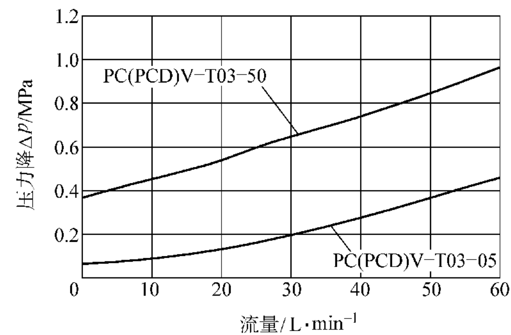
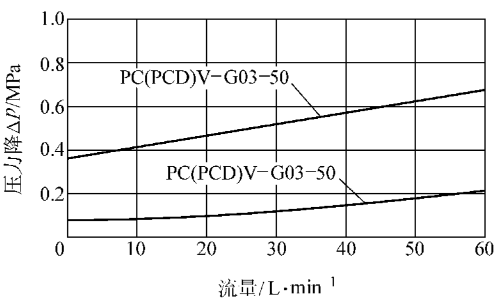


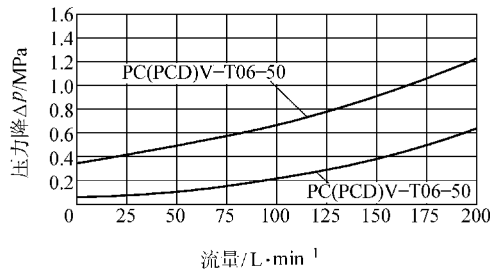
表 22.7-130　技术规格

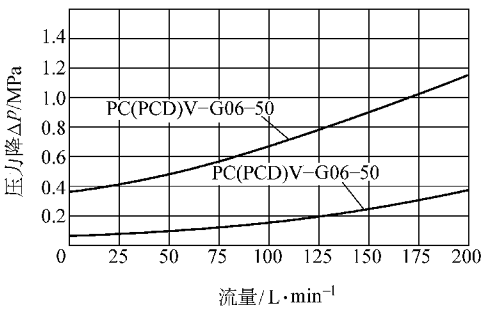
型　　号	最大流量/L・min^{-1}	最高工作压力/MPa	开启压力/MPa	重量/kg	
				管式	板式
PC(PCD)V-＊03-＊＊-＊＊	60	25	05：0.05MPa 50：0.35MPa	4.0	4.5
PC(PCD)V-＊06-＊＊-＊＊	200			6.4	6.4
PC(PCD)V-＊10-＊＊-＊＊	450			11.8	11.0

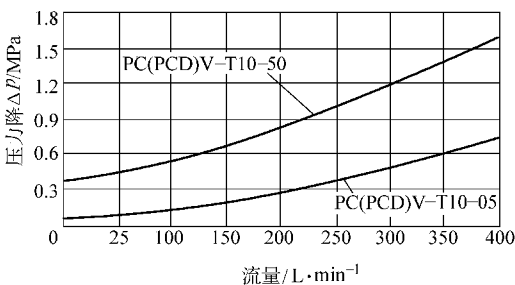
(3) 特性曲线(见图 22.7-72～图 22.7-74)











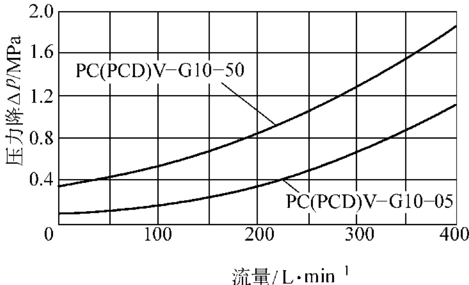


图 22.7-72　流量-压力降特性曲线

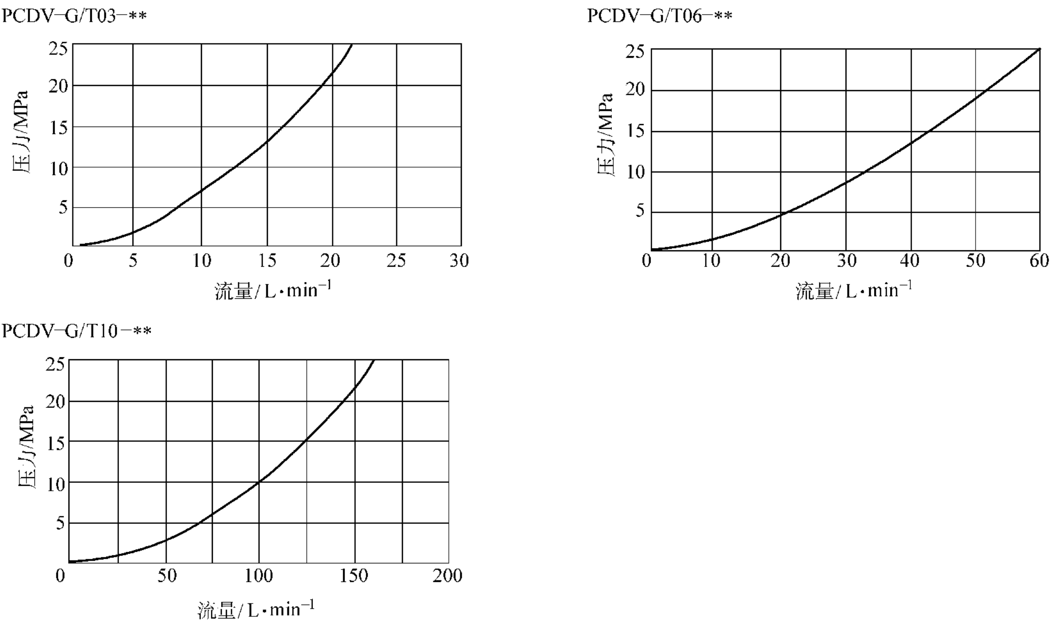


图 22.7-73　当释压阀打开时，流量-压力降特性曲线

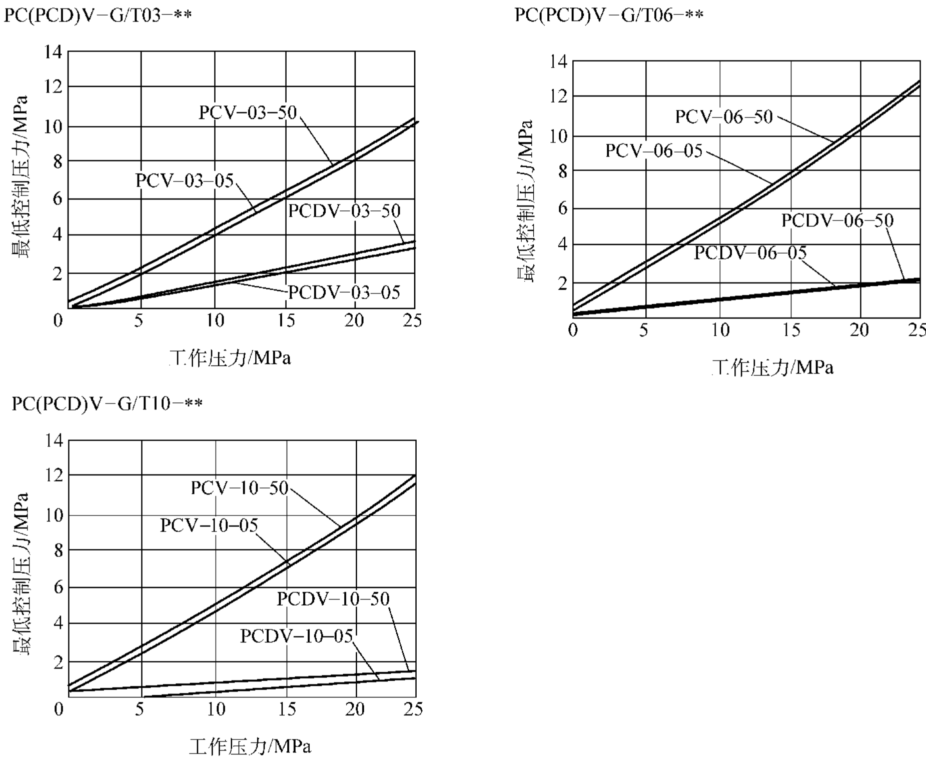
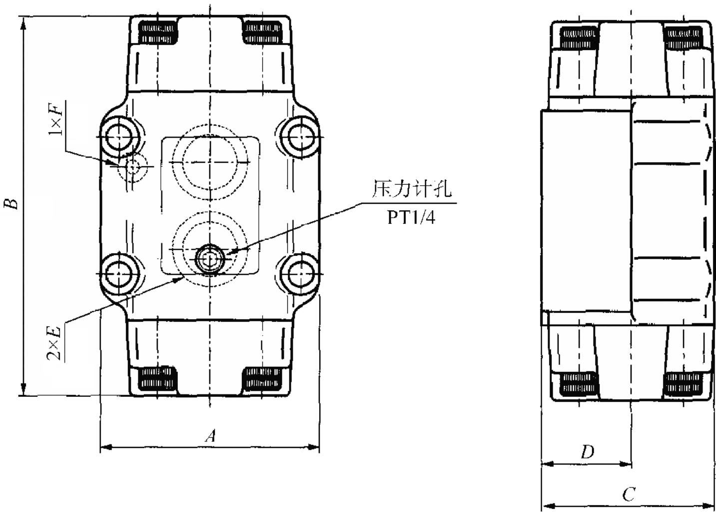


图 22.7-74　最低开启压力特性曲线

（4）外形尺寸（见表22.7-131）

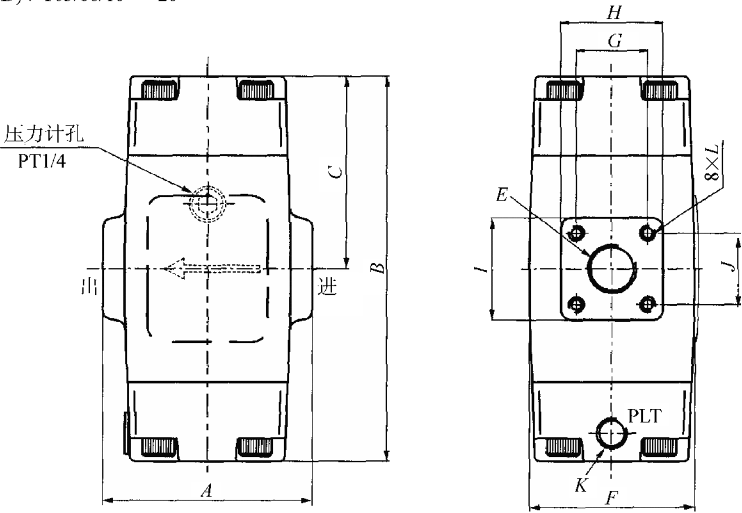
表22.7-131 外形尺寸 （mm）

PC(PCD)V-G03/06/10-**-20



型　号	A	B	C	D	E	F
PC(PCD)V-G03	91	150	67	42	P18	P10
PC(PCD)V-G06	98	166	78	40.5	P28	P10
PC(PCD)V-G10	119	210	93	49	P40	P10

PC(PCD)V-T03/06/10-**-20



型　号	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L
PC(PCD)V-T03	78	149	74.5	PT3/8	69	—	37	37	—	PT1/4	—
PC(PCD)V-T06	97	166	88	PT3/4	78	—	62	63	—	PT1/4	—
PC(PCD)V-T10	140	212	106	PT1-1/4	194	56	84	82	56	PT1/4	M12

4.2　电磁换向阀

4.2.1　WE 型电磁换向阀/SE 型球式电磁换向阀

电磁换向阀在液压系统中的作用是用来实现液压油路的换向、顺序动作及卸荷等。由于电磁铁的推力有限，电磁换向阀应用在流量不大的液压系统中。

1. WE 型电磁换向阀

（1）结构原理

电磁换向阀是液压控制系统和电器控制系统的转换元件。它由液压机械中电器控制系统的按钮开关、限位开关、行程开关、压力继电器等电气元件发出信号，使电磁铁通电吸合或断电释放，从而直接控制阀芯移位，来实现油流的沟通、切断和方向变换，来操纵各种执行机构的动作。若推动故障检查按钮可使滑阀阀芯手动移动。

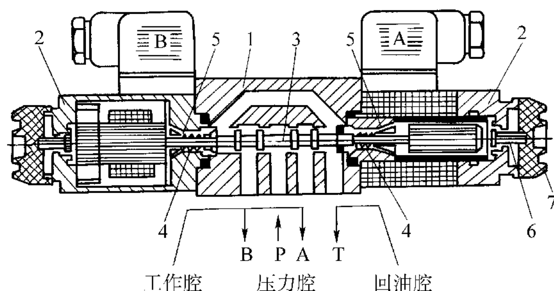


图 22.7-75　WE5 型电磁换向阀结构原理图
1—阀体　2—电磁铁(左为交流电磁铁,右为直流电磁铁)　3—滑阀　4—复位弹簧　5—推杆　6—故障检查按钮　7—橡胶保护罩

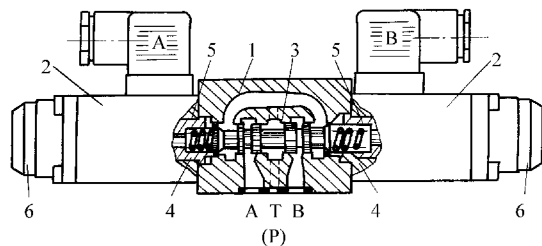


图 22.7-76　WE6 型电磁换向阀结构原理图
1—阀体　2—电磁铁　3—滑阀　4—复位弹簧　5—推杆　6—故障检查按钮

图 22.7-75～图 22.7-78 分别是不同的通径的 WE 型电磁换向阀的结构原理。

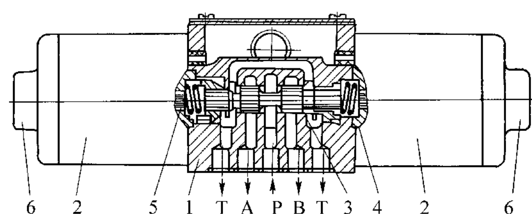


图 22.7-77　4WE10E10/A 型湿式电磁换向阀结构原理图
1—阀体　2—湿式电磁铁　3—滑阀　4—复位弹簧　5—推杆　6—故障检查按钮

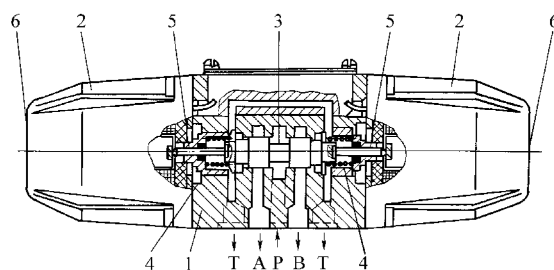


图 22.7-78　4WE10E10/L…型干式交流电磁换向阀结构原理图
1—阀体　2—干式电磁铁　3—滑阀　4—复位弹簧　5—推杆　6—故障检查按钮

WE 型电磁换向阀有 4 种电磁铁供用户选用：①湿式直流电磁铁；②湿式交流电磁铁；③干式直流电磁铁；④干式交流电磁铁。WE5 型和 WE6 型电磁换向阀只有湿式直流和交流电磁铁，而 WE10 型电磁换向阀 4 种电磁铁都有。

湿式电磁铁具有使用寿命长、散热性能好等优点。直流电磁铁的优点是换向频率高、换向特性好；对低电压、短时超电压、超载和机械卡住反应不敏感，工作可靠性好；用内装整流器的 Z5 型插头，可直接使用交流电源。交流电磁铁的优点是动作时间短，电气控制线路简单，不需特殊的触头保护。

（2）型号说明

□ WE □ □ □ / □ □ □ □ □ □ □ □

3—二位三通；4—二位四通；三位四通
电磁换向阀
通径(mm)：5，6，10
滑阀机能(见表22.7-133)
通径5 6.0—6.0系列；通径6 50—50系列；通径10 20—20系列
D—不带复位弹簧，不带定位器；OF—不带复位弹簧，带定位器；无标记—标准型，带复位弹簧
A—湿式标准电磁铁；B—大功率电磁铁(仅限于通径6)
G24—直流电24V；W220—50—交流电220V，50Hz；W220R—本整型直流电磁铁使用交流电压220V；W110R—直流电磁铁使用Z5型插头可连(仅限于通径6、10)
无标记—无故障检查按钮；N—带故障检查按钮
电气连接型式
通径5 Z4—方形插头；Z5—大方形插头；Z5L—带指示灯的大方形插头
通径6、10连接型式见样本
无标记—无插入式阻尼器；B08—阻尼器节流孔直径$\phi0.8$mm；B10—阻尼器节流孔直径$\phi1.0$mm；B12—阻尼器节流孔直径$\phi1.2$mm
(此项仅限于通径6、10)
无标记—矿物质液压油；V—磷酸酯液压液
附加说明
(对于5通径：如果工作压力超过6MPa，A和B型阀的T腔必须作为泄漏腔使用)

(3) 技术规格及特性曲线(见表22.7-132～表22.7-134)

表22.7-132　技术规格

通径			5	6	10
介质			矿物油	矿物油、磷酸酯	矿物油、磷酸酯
介质温度/℃			−30～80	−30～80	−30～80
介质粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$			2.8～380	2.8～380	2.8～380
工作压力/MPa	A、B、P腔		≤25	31.5	31.5
	T腔		≤6	16(直流)、10(交流)	16
额定流量/$L \cdot min^{-1}$			15	60	100
重量/kg			1.4	1.6	4.2～6.6
电源电压/V	交流	50Hz	110、220	110、220	110、220
		60Hz	120、220	120、220	120、220
	直流		12、24、110	12、24、110	12、24、110
流量截面(中间位置)			W型机能为额定断面的3%	W型机能为额定断面的3%	W型机能为额定断面的3%
			Q型机能为额定断面的6%	Q型机能为额定断面的6%	Q型机能为额定断面的6%
消耗功率/W			26(直流)	26(直流)	35(直流)
吸合功率/V·A			46(交流)	46(交流)	65(交流)
启动功率/V·A			130(交流)	130(交流)	480(交流)
接通时间/ms			40(直流)、25(交流)	45(直流)、30(交流)	
断开时间/ms			30(直流)、20(交流)	20	60(直流)、25(交流)
最高环境温度/℃			50	50	50
最高线圈温度/℃			150	150	150
开关频率/(次/h)			1500(直流)、7200(交流)	1500(直流)、7200(交流)	1500(直流)、7200(交流)

表 22.7-133　滑阀机能

过渡状态机能	工作位置机能	过渡状态机能	工作位置机能	过渡状态机能	工作位置机能
WE5 型				WE6 型	
	=A[1]		=E		=A
	=B[2]		=F		=C
	=C		=G		=D
	=N		=H		=B
	N…/O		=J		=Y
	=N…/OF		=L		b…/O
			=M		b…/OF
			=Q		=C…/…
			=R		=D…/…
			=U		
			=W		

过渡状态机能	工作位置机能	过渡状态机能	工作位置机能	过渡状态机能	工作位置机能
WE6 型					
	=E =E1[2]		=EA =E1A		=EB =E1B
	=F		=FA		=FB
	=G		=GA		=GB
	=H		=HA		=HB
	=J		=JA		=JB
	=L		=LA		=LB
	=M		=MA		=MB
	=P		=PA		=PB
	=Q		=QA		=QB
	=R		=RA		=RB
	=T		=TA		=TB
	=U		=UA		=UB
	=V		=VA		=VB
	=W		=WA		=WB

（续）

过渡状态机能	工作位置机能	过渡状态机能	工作位置机能	过渡状态机能	工作位置机能	过渡状态机能	工作位置机能
WE10 型							
A B a b P T	A B a a b b P T =A =C =D A B a a b b P T =B =Y A B a a b b/O P A T B a a b b/OF P T =A…/… =C…/… =D…/…	A B a o b P	A B a a o b b P T =E =F =G =H =J =L =M =P =Q =R =T =U =V =W	A B a o P T	A B a a o P T =EA =FA =GA =HA =JA =LA =MA =PA =QA =RA =TA =UA =VA =WA	A B o b P T	A B o b b P T =EB =FB =GB =HB =JB =LB =MB =PB =QB =RB =TB =UB =VB =WB

① 表示如果工作压力超过6MPa，A 和 B 型阀的 T 腔必须作为泄漏腔使用。

② 表示 E1 型机能相当于 P→A，B 常开，E1 和系列之间必须加一横线。

表 22.7-134 特性曲线

试验条件：$\nu=41\times10^{-6}\mathrm{m^2/s}$，$t=50℃$

WE5 型

—·—·— B型机能
– – – – R型机能
———— 除B、R、G以外所有的机能
P→B P→A
P→A P→B
A→T
B→T
P→A
P→B
A→T
压力差/MPa
0.8
0.6
0.4
0.2
0 2 4 6 8 10 12 14 16
流量q_V/L·min⁻¹

G型机能
P→A
B→T
P→T
P→B
A→T
压力差/MPa
0.8
0.6
0.4
0.2
0 2 4 6 8 10
流量q_V/L·min⁻¹

功率极限			
流量/L·min⁻¹ 滑阀机能	工作压力/MPa		
	5	10	25
A、B、C、N、E、F、H、J、L、M、Q、R、U、W	14	14	12
G	10	10	9

（续）

试验条件：$\nu=41\times10^{-6}m^2/s$，$t=50℃$

WE6 型

7—R 型机能在工作位置 A→B
8—G 型机能在中间位置 P→T

压力差/MPa　流量/L·min⁻¹

机能＼曲线号	流动方向 P—A	B—T	P—B	A—T	机能＼曲线号	流动方向 P—A	B—T	P—B	A—T
A	3	—	3	—	M	2	3	4	3
B	3	—	3	—	P	2	5	3	3
C	1	1	1	3	Q	1	1	1	2
D	5	3	5	3	R	5	—	5	4
E	3	1	3	1	T	5	6	3	6
F	2	5	3	3	U	3	3	1	3
G	5	6	3	6	V	1	1	2	1
H	2	2	4	2	W	1	2	1	2
J	1	1	1	2	Y	5	3	5	3
L	1	2	1	2					

直流电磁铁的阀

工作压力/MPa　流量/L·min⁻¹

曲线	机能
1	E1①，D/O，C/O，M
2	E
3	J，L，Q，U，W
4	C，D，Y
5	A，B
6	V
7	F，P
8	G，T，R
9	H

交流电磁铁的阀

工作压力/MPa　流量/L·min⁻¹

曲线	机能
1	E1①，D/O，C/O
2	E
3	J，L，Q，U，W
4	C，D，H，Y
5	M
6	A，B
7	F，P
8	V
9	G，T，R

阀的切换特性与过滤器的粘附效应有关。为达到所推荐的最大流量值，建议在系统中使用 25μm 的过滤器。作用在阀内部的液动力也影响阀的通流能力，因此不同的机能有着不同的功率极限特性曲线。在只有一个通道的情况下，如四通阀堵住其 A 腔或 B 腔作为三通阀使用时，其功率极限差异较大，这个功率极限是电磁铁在热态和降低 10% 电压的情况下测定的

电气连接必须接地

WE10 型

6—G 和 T 型机能在中间位置 P-T
7—R 型机能在工作位置 A-B

压力差/MPa　流量/L·min⁻¹

机能＼曲线号	流动方向 P—A	B—T	P—B	A—T	机能＼曲线号	流动方向 P—A	B—T	P—B	A—T
A	1	—	1	—	M	3	6	3	6
B	1	—	1	—	P	2	4	2	4
C	1	5	1	5	Q	1	5	1	5
D	1	5	1	5	R	2	—	6	5
E	2	6	2	6	T	5	6	5	5
F	2	4	2	4	U	1	6	1	5
G	1	6	1	6	V	2	5	2	5
H	3	5	3	5	W	2	5	2	5
J	2	5	2	5	Y	1	5	1	5
L	1	6	1	5					

（续）

试验条件：$\nu = 41 \times 10^{-6} m^2/s$，$t = 50℃$

	流量/L·min^{-1} 滑阀机能	压力级/MPa			
		5	10	21	
WE10型	E，H，M，C/O，D/O，D，Y，V J，C，L，Q，W，U G，R，F，P，T A，B，A/O	75 75 50 45	70 65 50 35	60 45 45 25	阀的切换特性与过滤器的粘附效应有关。为达到所推荐的最大流量值，建议在系统中使用25μm的过滤器。作用在阀内部的液动力也影响阀的通流能力，因此不同的机能有着不同的功率极限特性曲线 在只有一个通道的情况下，如四通阀堵住其A腔或B腔，作为三通阀使用时，其功率极限差异较大。这个功率极限是电磁铁在热态和降低10%电压的情况下测定的

① E1型机能相当于P-A、B常开。

（4）外形尺寸（见表22.7-135、表22.7-136）

表22.7-135　外形尺寸

通径5：二位阀	通径5：三位阀
插头颜色：黑；插头颜色：灰；通过电磁铁a控制的滑阀机能A、B、C和N；PG11；连接面 两个电磁铁的二位阀脉冲式阀 电气连接插头 用两个电磁铁的N../O和N../OF型阀	插头颜色：黑；插头颜色：灰；PG11；故障检查按钮；连接面 电气连接插头 通过电磁铁a和b控制的滑阀机能E、F、G、H、J、L、M、Q、R、U、W

通径6	与阀连接表面的表面粗糙度和精度 1—用1个电磁铁的2位阀　2—电磁铁a　3—电磁铁b　4—灰色插头　5—黑色插头　6—标牌 7—连接面　8—故障检查按钮

（续）

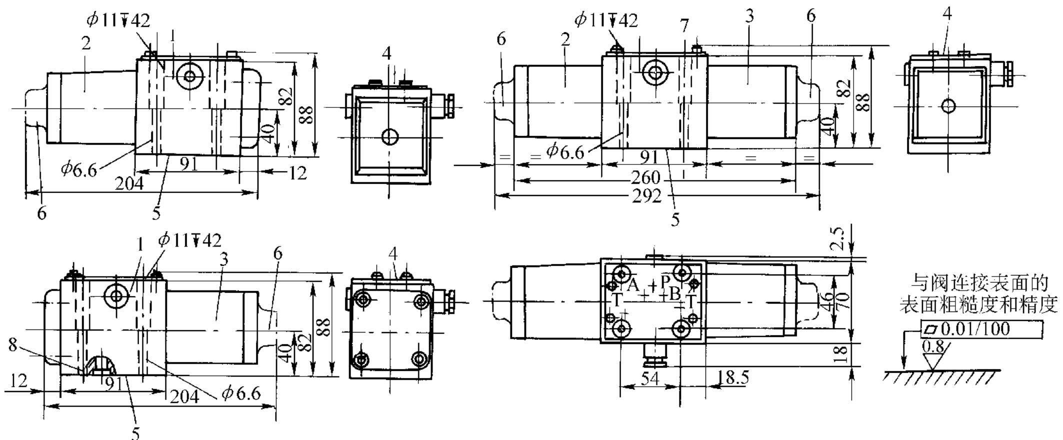
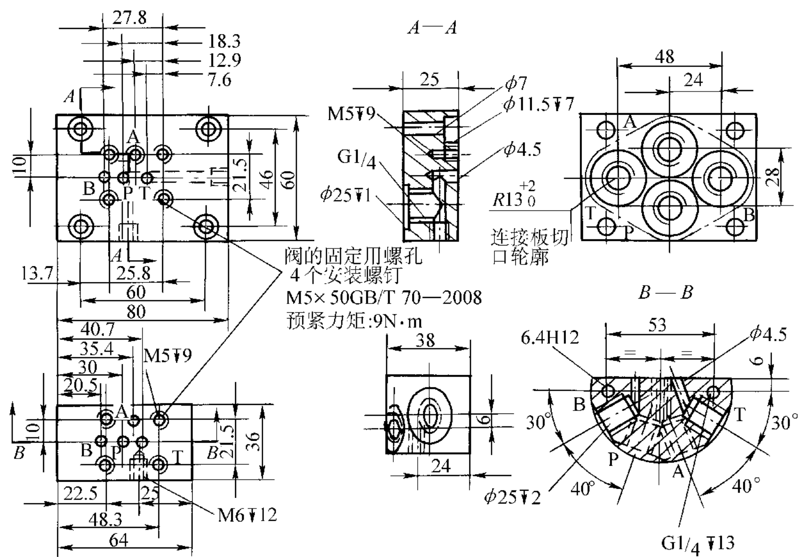
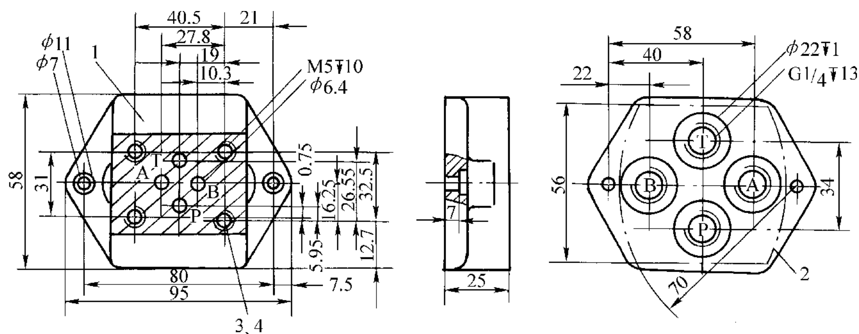
通径10	 1—用 1 个电磁铁的 2 位阀　2—电磁铁 a　3—电磁铁 b　4—标牌　5—连接面　6—故障检查按钮 7—用 2 个电磁铁的二位阀和三位阀　8—O 形圈 12.5 ×1.8

表 22.7-136　安装底板　（mm）

通径5	G115/1 G96/1		
通径6	G341/01 （G1/4）		1—阀的连接面 2—固定连接板的切口轮廓 3—阀的固定用螺孔 4—阀固定螺栓 4-M5 × 50，GB/T 70—2008，扭矩 9N · m

（续）

通径	型号	说明
通径6	G342/01（G3/8）	1—阀的连接面 2—固定连接板的切口轮廓 3—阀的固定用螺孔 4—阀固定螺栓 4-M5 × 50，GB/T 70—2008，力矩 9N · m
	G502/01（G1/2）	
通径10	G66/01，G67/01	10—阀的连接面 11—固定连接板的加工轮廓 12—阀的安装螺孔
	G534/01	

型　号	重量/kg	D_1	D_2	T_1	阀的固定螺栓	力矩/N · m
G66/01	约2.3	G3/8	28	12	4-M6 ×50，GB/T 70—2008	15
G67/01		G1/2	34	14		
G534/01	约2.5	G3/4	42	16	4-M6 ×50，GB/T 70—2008	15

2. SE 型球式电磁换向阀

（1）结构原理

SE 型球式电磁换向阀是以钢球作为阀芯的一种座阀式电磁换向阀。图 22. 7-79 是二位三通常开式球式电磁换向阀(单球式)的结构原理图。当电磁铁 8 断电时，P 口的压力油除通过右阀座孔作用在球阀 5 的右边外，还经过阀体上的通道 a 进入推杆 3 的空腔，作用在球阀 5 的左边，以保证球阀 5 两边承受的液压力平衡。这样球阀 5 只受弹簧 7 的弹簧力作用而被压向左阀座 4，使油口 P 和 A 连通，A 和 T 被切断。当电磁铁 8 通电后，通过杠杆 1 和推杆 3 给球阀 5 一个向右的力，该力克服右边弹簧 7，将球阀 5 压向右阀座 6，使油口 P 和 A 断开，A 和 T 连通，实现油路换向。

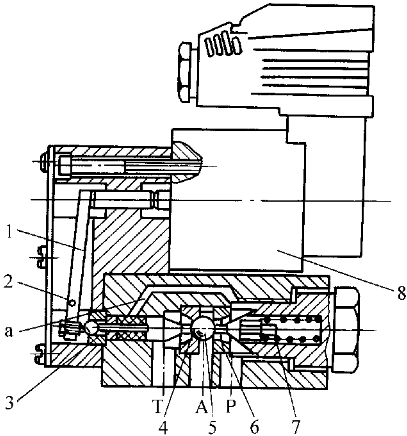


图 22. 7-79　SE 型二位三通常开式球式电磁换向阀(单球式)结构原理图

1—杠杆　2—支点　3—推杆　4—左阀座　5—球阀　6—右阀座　7—弹簧　8—电磁铁

图 22. 7-80 是二位三通常闭式球式电磁换向阀(双球式)的结构原理图。该阀与常开式换向换向阀不同的是它有两个球阀，电磁铁不带电时，P 口封闭，A 口与 T 口通；电磁铁带电时，T 口封闭，P 口与 A 口通，实现常闭式机能。

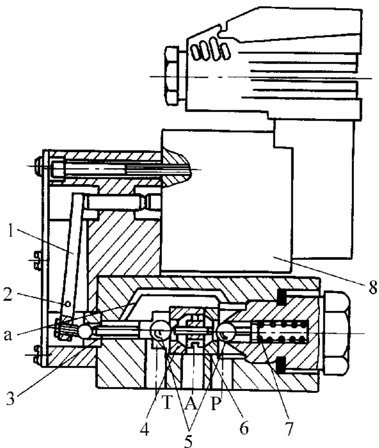


图 22. 7-80　二位三通常闭式球式电磁换向阀(双球式)结构原理图

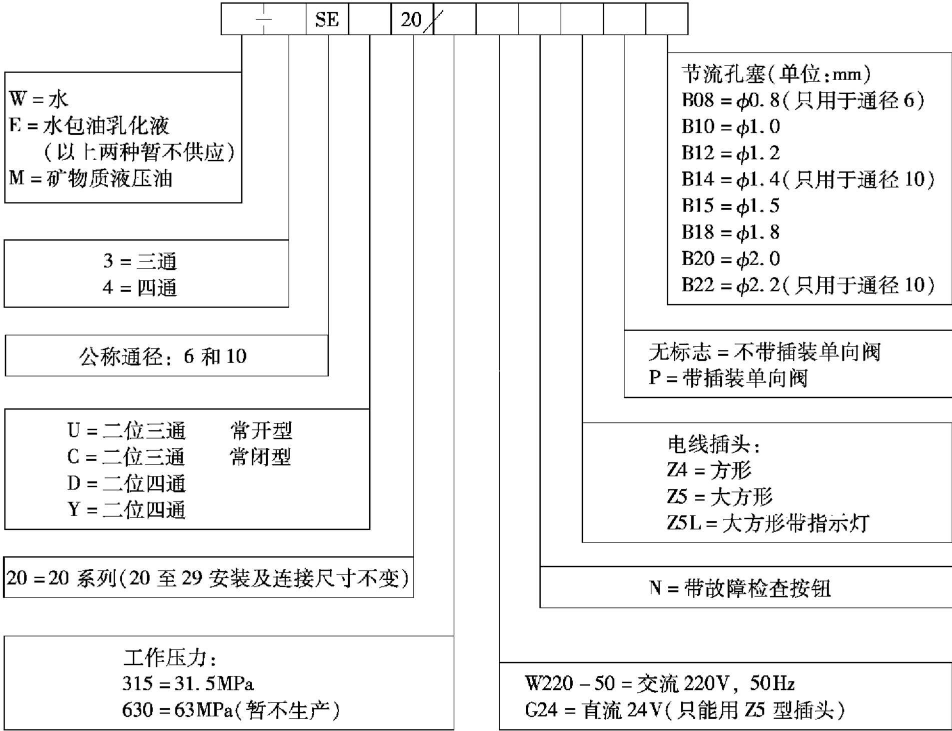
1—杠杆　2—支点　3—推杆　4—左阀座　5—球阀　6—右阀座　7—弹簧　8—电磁铁

二位三通球式电磁换向阀为基本结构型式，在 A 口的管路上接单向阀构成二位二通阀；加附加阀板构成二位四通阀(见表 22. 7-137)。

表 22. 7-137　SE 型球式电磁换向阀系列

名称	型式	图形符号	球阀机能	球阀数	型号
二位三通	常闭	A P T	C	双球阀	$3SE_{10}^{6}C20/315_{W220\text{-}50}^{G24}$
	常开	A P T	U	单球阀	$3SE_{10}^{6}U20/315_{W220\text{-}50}^{G24}$
二位四通	正向	A B P T	D	带附加阀板的单球阀	$4SE_{10}^{6}D20/315_{W220\text{-}50}^{G24}$
	反向	A B P T	Y	带附加阀板的双球阀	$4SE_{10}^{6}Y20/315_{W220\text{-}50}^{G24}$

（2）型号说明



（3）技术规格及特性曲线（见表 22.7-138、表 22.7-139）

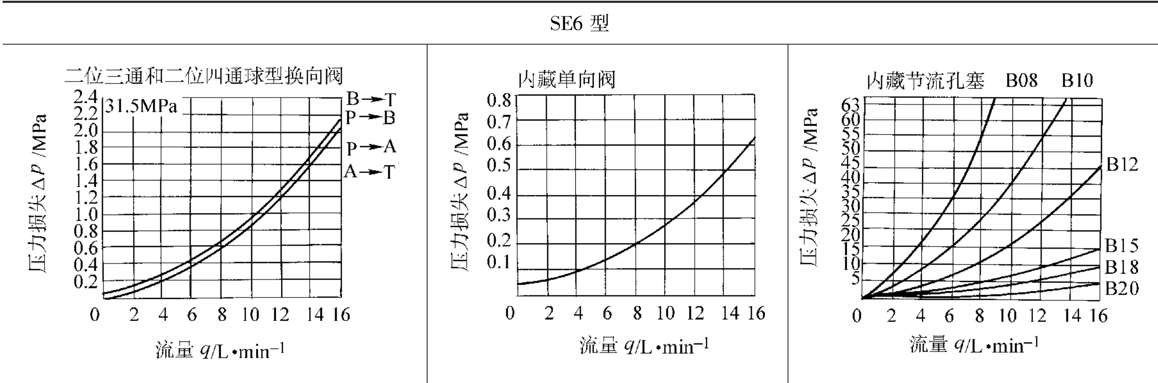
表 22.7-138　技术规格

型号		SE6＊20/315…	SE10＊20/315…	额定流量 /L·min⁻¹	C、Y 型	12	24
公称通径/mm		6	10		U、D 型		30
额定压力/MPa		31.5		介质	种类	矿物油	
允许背压（T 口）/MPa		10	5		温度范围/℃	10～60	
工作压力 /MPa	P 口	31.5			粘度范围 /$mm^2 \cdot s^{-1}$	17～38	
	A 口						
	B 口						

注：为使球阀可靠工作，各油口压力必须满足 P≥A≥T 条件。

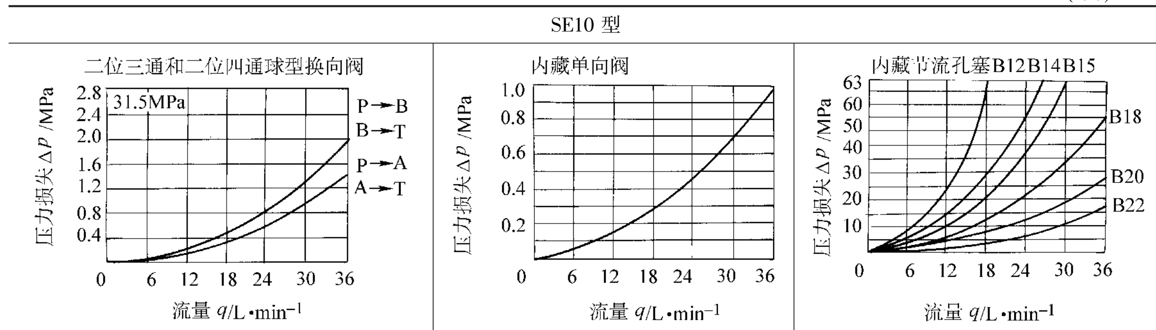
表 22.7-139　特性曲线

SE6 型



（续）

SE10 型



（4）外形尺寸(见表 22. 7-140)

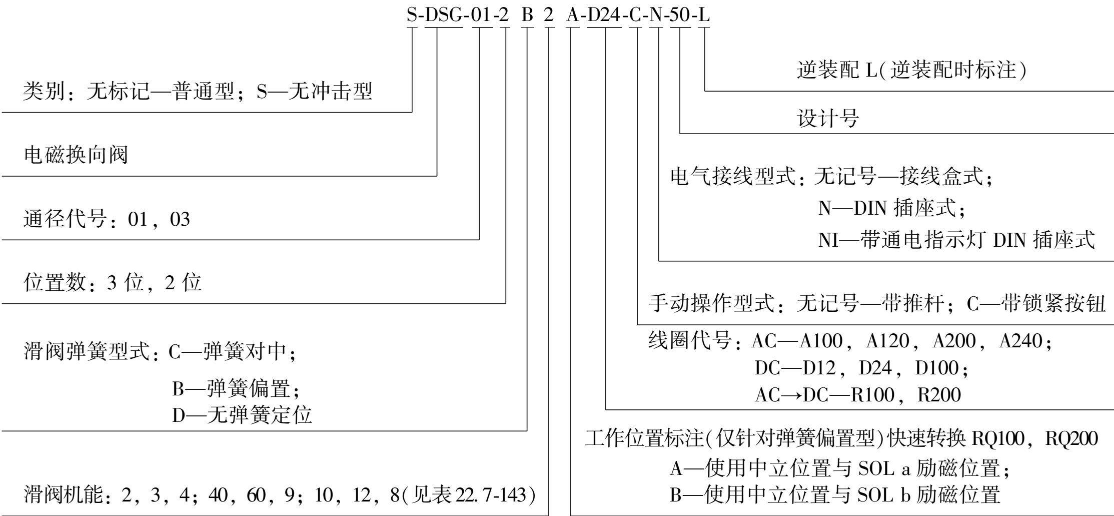
表 22. 7-140　外形尺寸

3SE6U20/315	4SE6D20/315
	1—插头 Z4、Z5、Z5L 2—电磁铁 3—二位三通阀 4—标牌 5—附加盖板

3SE10U20/315	4SE10D20/315	
		1—插头 Z4、Z5、Z5L 2—电磁铁 3—二位三通阀 4—标牌 5—附加盖板

4.2.2　DSG-01/03 电磁换向阀

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.7-141～表22.7-143)

表22.7-141　技术规格

类　别	型　　号	最大流量/L·min⁻¹	最高使用压力/MPa	T口允许背压/MPa	最高换向频率/次·min⁻¹	重量/kg	
						AC	DC、R、RQ
普通型	DSG-01-3C＊-＊-50 DSG-01-2D2-＊-50 DSG-01-2B＊-＊-50	63	31.5 25(阀机能60)	16	AC、DC：300 R：120	2.2 2.2 1.6	
无冲击型	S-DSG-01-3C＊-＊-50 S-DSG-01-2B2-＊-50	40	16	16	DC、R：120	2.2 1.6	
普通型	DSG-03-3C＊-＊-50 DSG-03-2D2-＊-50 DSG-03-2B＊-＊-50	120	31.5 25(阀机能60)	16	AC、DC：240 R：120	3.6 2.9	5 3.6
无冲击型	S-DSG-03-3C＊-＊-50 S-DSG-03-2D2-＊-50	120	16	16	120	—	5 3.6

表22.7-142　电磁铁规格

电　源	线圈型号	频率/Hz	电压/V		电　源	线圈型号	频率/Hz	电压/V	
			额定电压	使用范围				额定电压	使用范围
交流AC	A100	50 60	100 100 110	80～110 90～120	直流DC	D12 D24 D100	—	12 24 100	10.8～13.2 21.6～26.4 90～110
	A120	50 60	120	96～132 108～144	交流(交直流转换型AC→DC)	R100 R200	50/60	100 200	90～110 180～220
	A200	50 60	200 200 220	160～220 180～240	交流(交直快速转换型AC→DC)	RQ100	50/60	100	90～110
	A240	50 60	240	192～264 216～288	DSG-03电磁换向阀	RQ200		200	180～220

表 22.7-143　滑阀机能

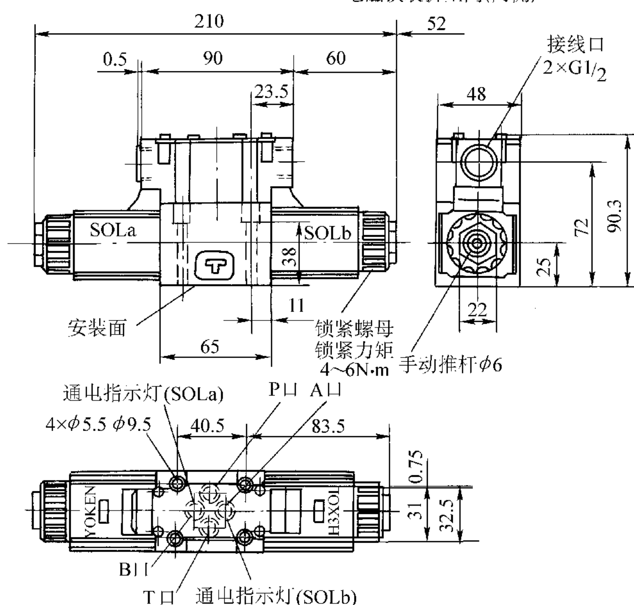
3C2	3C3	3C4	3C40	3C60	3C9
3C10	3C12	2D2	2B2	2B3	2B8

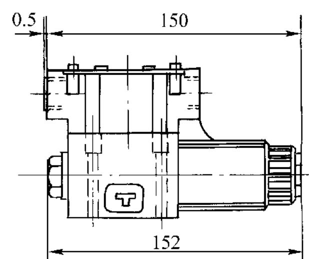
（3）外形尺寸（见表 22.7-144 ~ 表 22.7-146）

表 22.7-144　外形尺寸　　（mm）

弹簧对中型、无弹簧定位型、弹簧偏置型

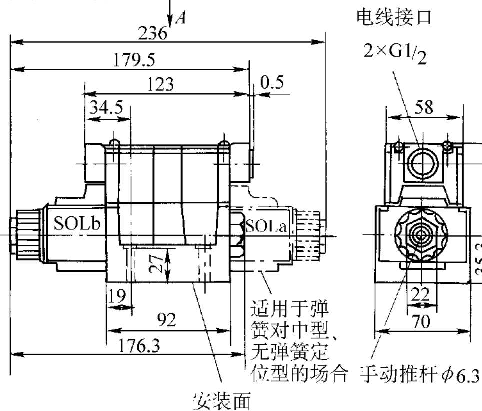
交流电磁铁：DSG-01 *** -A *

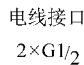


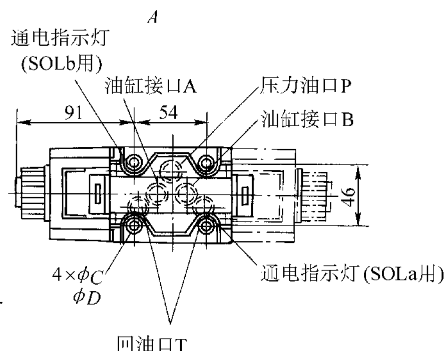


其他尺寸参照左图
逆装配时电磁铁装在 SOLa 侧

交流电磁铁:DSG－03***－A*





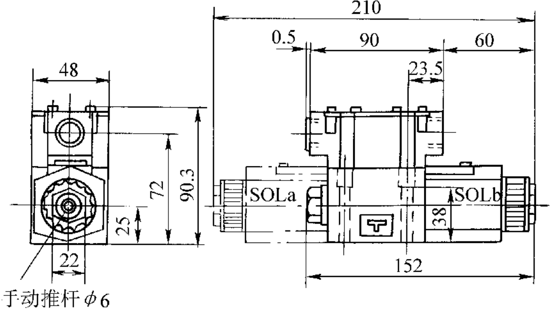


型　　号	C	D
DSG-03- *** -A * -50	7	11
DSG-03- *** -A * -5002	8.8	14

（续）

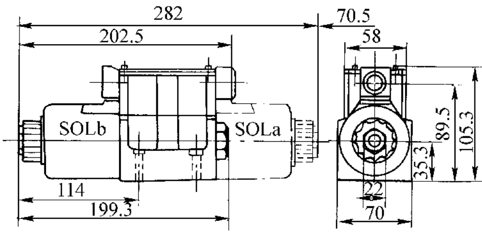
弹簧对中型、无弹簧定位型、弹簧偏置型

直流电磁铁：（S-）DSG-01-＊＊＊-D＊
交直流转换型电磁铁：（S-）DSG-01-＊＊＊-R＊



其余尺寸参见 DSG-01-＊＊＊-A＊

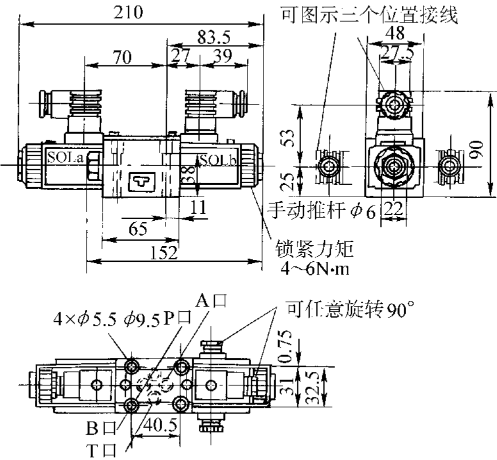
直流电磁铁：（S-）DSG-03-＊＊＊-D＊
交直流转换型电磁铁：（S-）DSG-03-＊＊＊-R＊
交直流快速转换型电磁铁：（S-）DSG-03-＊＊＊-RQ＊



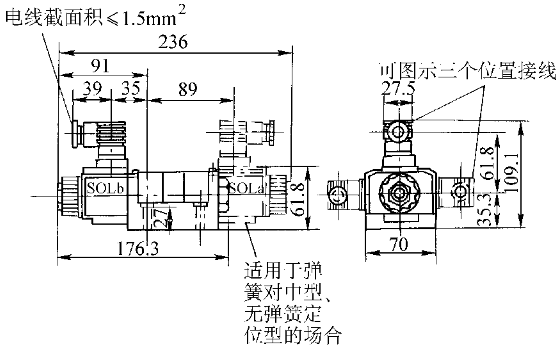
其余尺寸参见 DSG-03-＊＊＊-A＊

DIN 插座式、带通电指示灯 DIN 插座式

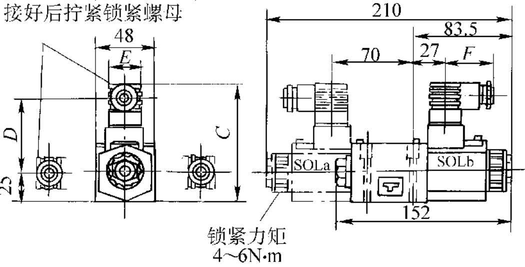
交流电磁铁：DSG-01-＊＊＊-A＊-N/N1



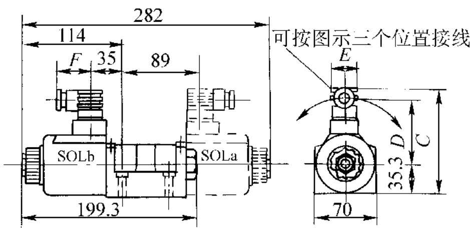
交流电磁铁：DSG-03-＊＊＊-A＊-N/N1



直流电磁铁：（S-）DSG-01-＊＊＊-D＊-N/N1
交直流转换型电磁铁：（S-）DSG-01-＊＊＊-R＊-N



直流电磁铁：（S-）DSG-03-＊＊＊-D＊-N/N1
交直流转换型电磁铁：（S-）DSG-03-＊＊＊R-＊-N



型　号	C	D	E	F	型　号	C	D	E	F
DSG-01-＊＊＊-D＊-N/N1	101	64	27.5	39	DSG-03-＊＊＊-D＊-N/N1	121.1	73.8	27.5	39
DSG-01-＊＊＊-R＊-N	104	57.2	34	53	DSG-03-＊＊＊-R＊-N	124.9	62.6	34	53

（续）

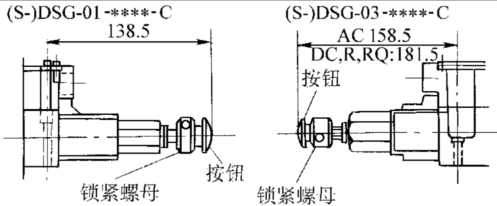
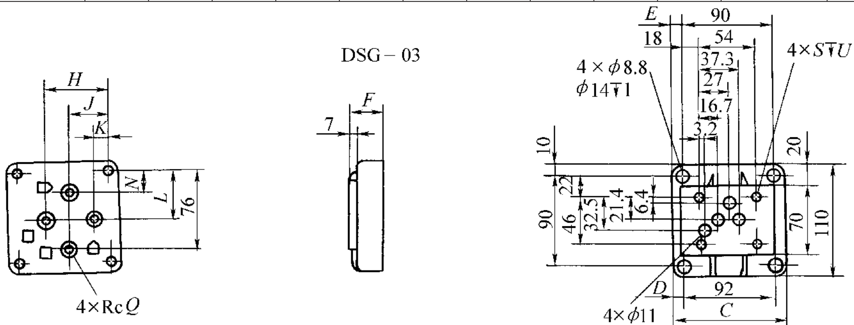
带锁紧按钮	
	电磁铁通电前，一定要完全松开锁紧螺母。推动按钮后，顺时针旋转锁紧螺母，可使阀芯位置固定

表 22.7-145　安装底板(一)

DSG－01	底板型号	D（连接口）/in	重量/kg
4×RcD；4×φ7；4×M5▽10；2×φ7 φ11▽1	DSGM-01-30	1/8	0.8
	DSGM-01X-30	1/4	
	DSGM-01Y-30	3/8	

表 22.7-146　安装底板(二)　（mm）

底板型号	C	D	E	F	H	J	K	L	N	Q/in	S	U	重量/kg
DSGM-03-40/4002 DSGM-03X-40/4002	110	9	10	32	62	40	16	48	21	3/8 1/2	M6/M8	13/14	3
DSGM-03Y-40/4002	120	14	15	50	80	45	10	47	16	3/4			4.7



4.2.3　微小电流控制型电磁换向阀

本阀可以用微小电流（10mA）来控制阀的动作，以便实现信号控制和程序控制。技术参数、外形尺寸、安装底板参见 DSG-01/03 电磁换向阀。

型号说明：

T-S-DSG-03-2 B 2 A-A100 M-50-L

- 控制型式：T—微小电流控制型
- 类别：无标记—普通型；S—无冲击型
- 电磁换向阀
- 通径代号：01，03
- 位置数：3 位，2 位
- 滑阀弹簧型式：C—弹簧对中；D—无弹簧定位；B—弹簧偏置
- 滑阀机能：2、3、4；40、60、9；10、12、8
- 工作位置标注
- 线圈型号：AC—A100，A120，A200，A240；DC—D12，D24，D100；AC-DC-R100，R200
- 信号方式：无标记—内部信号方式；M—外部信号方式
- 设计号
- 反装配时标注

注：可参见 DSG-01/03 电磁换向阀型号说明中对应部分。

4.2.4 DG4V型湿式电磁换向阀

(1) 型号说明

DG4V-3-□□—□-VM-S-UL-□□-60

F13-DG4V-5-□□J-□-VM- -U -□ 6 -20

油液与密封相容性：
F13—用于水乙二醇的直流电压型；
无标记—其他型

高性能的湿式电磁换向阀

规格代号：3，5(通径:6mm,10mm)

滑阀机能(见表22.7-148和表22.7-149)

阀芯弹簧配制(参见表22.7-148和表22.7-149)
A—单电磁铁弹簧偏置，端至端
AL—与A相同，但左手配置
B—单电磁铁弹簧偏置，端至中心
BL—与B相同，但左手配置
C—双电磁铁弹簧对中
N—无弹簧，带定位

阀芯设计(仅限DG4Y—5型)：
J—所有直流阀，但OA型直流阀除外，交流型仅适用8B(L)和8C型滑阀机能和弹簧配置
无标记—OA型直流阀和8B(L)、8C型除外的全部交流阀

手动操作：H—在电磁铁阀两端的防水手动操作器
Z—两端均无手动操作器
无标记—仅电磁铁端普通手动操作器

电磁铁通电标识：V—电磁铁A在油口A端或电磁铁B在油口B端，与滑阀机能无关
无标记—要求电磁铁A通电时P通A或电磁铁B通电时P通B，与滑阀机能无关

设计号：10—10系列；60—60系列；20—20系列(可能改变,但10—19系列,60~69系列,20~29系列,尺寸与结构不变)

油口T额定压力；2—1MPa(适用S3、S4、S5位置指示开关)
5—10MPa(适用DG4V—3(S)带交流直流电磁铁)
6—16MPa(6,7适用S6指示开关)
7—21MPa

线圈电压：
交流 A—110V，50Hz；
B—110V，50Hz/120V，60Hz
C—220V，50Hz/240V，60Hz
直流 G—12V；H—24V
小功率 HL—24V；GL—12V
CL—220V，50Hz或240V，60Hz

指示灯：L—配灯；无标记—不需灯

电磁铁型式接线：U—ISO 4400(DIN 43650)安装座
FW—½″锥管螺纹接线盒；FJ—M20螺纹接线盒
FTJ—M20螺纹接线盒接线板
FPA—仅Insta插头座
FPA5W—带5针插头的接线盒

阀芯位置指示开关：S6—直流电开关(适用DG4V-3-＊AL-VM型滑阀机能0,2,22型)
S3—交流开关(常开)；S4—交流开关(常闭)
(仅适用DG4V-3-＊A(L)-(Z)-(V)M-S＊-FPA5W型)

(2) 技术规格(见表22.7-147~表22.7-149)

表22.7-147 技术规格

型号		DG4V-3	DG4V-5
最高工作压力/MPa	P、A、B油口	35	31.5
	O油口	10	12(交流)16(直流)
最大流量/L·min^{-1}		80	120
介质		矿物油，油包水乳液，磷酸酯油液，水乙二醇	
介质温度/℃		-20~70	
介质粘度/mm^2·s^{-1}		13~500，推荐范围13~54	
电磁铁工作性质		连续$ED=100\%$	
保护装置ISO 4400		IEC947等级IP65	
允许电压波动量		±10%	
重量/kg		交流1.5(单电磁铁)1.8(双) 直流1.6(单)2.2(双)	交流4.0单电磁铁4.5双电磁铁 直流4.8单电磁铁6.3双电磁铁

表 22.7-148　滑阀机能(一)

二位四通单电磁铁		三位四通双电磁铁	二位四通双电磁铁
A 型:弹簧偏置标准型 b　A B　P T	B 型:弹簧对中标准型 b　A B　P T	C 型:弹簧对中型 b　A B　a　P T	N 型:无复位弹簧型带定位 A B　P T
AL 型:弹簧偏置反装型 A B　a　P T	BL 型:弹簧对中反装型 A B　a　P T		
0A= 2A= 22A= 24A= 0AL= 2AL= 22AL= 24AL=	0B= 2B= 6B= 66B= 7B= 22B= 33B= 34B= 521B= 561B= 8B= 0BL= 2BL= 6BL= 66BL= 7BL= 22BL= 33BL= 34BL= 521BL= 561BL= 8BL=	0C= 2C= 6C= 66C= 7C= 22C= 33C= 34C= 52C= 56C= 8C=	2N=

▲ 仅为瞬时过渡机能

DG4V-3＊型滑阀机能

表 22.7-149　滑阀机能（二）

二位四通单电磁铁			三位四通双电磁铁	二位四通双电磁铁
A 型：弹簧偏置标准型（端到端） A B / b / P T	B 型：弹簧对中标准型 A B / b / P T	F 型：弹簧偏置标准型（端到中） A B / b / P T	C 型：弹簧对中型 A B / b / a / P T	N 型：无复位弹簧型（机械定位） A B / P T
AL 型：弹簧偏置反装型（端到端） A B / a / P T	BL 型：弹簧对中反装型 A B / a / P T	FL 型：弹簧偏置反装型（端到中） A B / a / P T		
0A= 2A= 22A 23A= 0AL 2AL 22AL 23AL	0B= 1B= 2B= 3B= 6B 7B= 8B= 11B 31B 33B 0BL 1BL 2BL 3BL 6BL 7BL 8BL 11BL 31BL 33BL	0F= 1F= 2F= 3F= 6F 7F 8F 11F 31F 33F 0FL 1FL 2FL 3FL 6FL 7FL 8FL 11FL 31FL 33FL	0C= 1C= 2C= 3C= 6C 7C 8C 31C 33C 52X 56C 521 561	0N= 2N= 6N=

注：▲ 为瞬时过渡机能

DG4V-5 ∗ 型滑阀机能

（3）外形尺寸（见表 22.7-150）

表 22.7-150　外形尺寸　　（mm）

产品型号	双电磁铁型	单电磁铁型	
	DG4V-3(S)-＊C＊＊-(V)M-F＊＊(L)-60 DG4V-3(S)-＊N＊＊-(V)M-F＊＊(L)-60	DG4V-3(S)-＊A(-＊＊) DG4V-3(S)-＊B(-＊＊) DG4V-3(S)-＊8BL(-＊＊)	DG4V-3(S)-＊AL(-＊＊) DG4V-3(S)-＊BL(-＊＊) DG4V-3(S)-＊8B(-＊＊)

B(单电磁铁型)　拆下线圈用 C　接地连接 φ4.0 自攻螺钉　A(双电磁铁型)　电缆进口在两端，端装封堵　50.0 最大接线盒盖

93.0　91.0　68.75　51.0　25.0　21.75　47.0　C线圈长度 D　74.0　24.0　48.0

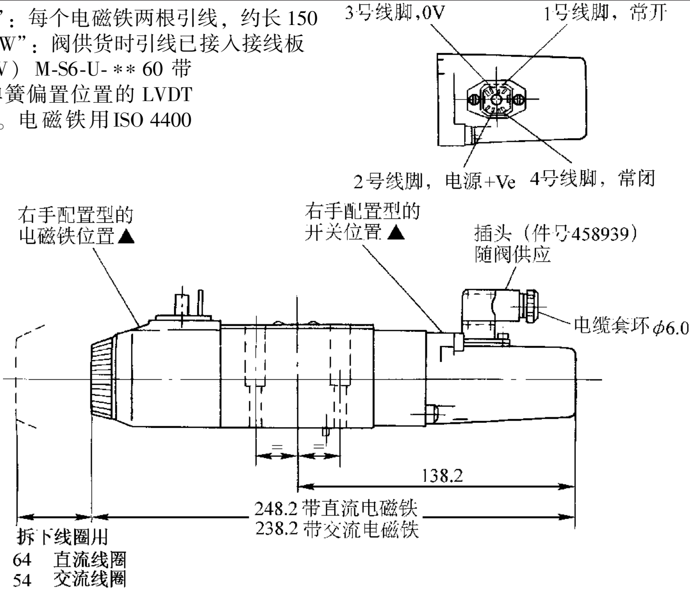
油口 A　油口 P　油口 B　油口 T

型　　号	直流或交流	A	B	C	D
所有	直流 =	220	156.5	61	73
DG4V-3	交流 =	200	146.5	51	63
DG4V-3S	交流 =	200	146.5	45	63

■ 代号“FJ”和“FW”：每个电磁铁两根引线，约长 150
　代号“FTJ”和“FTW”：阀供货时引线已接入接线板

DG4V-3-＊A（L）-（V）M-S6-U-＊＊60 带有指示阀芯何时处于弹簧偏置位置的 LVDT 型开关的单电磁铁型。电磁铁用 ISO 4400（DIN 43650）接线；

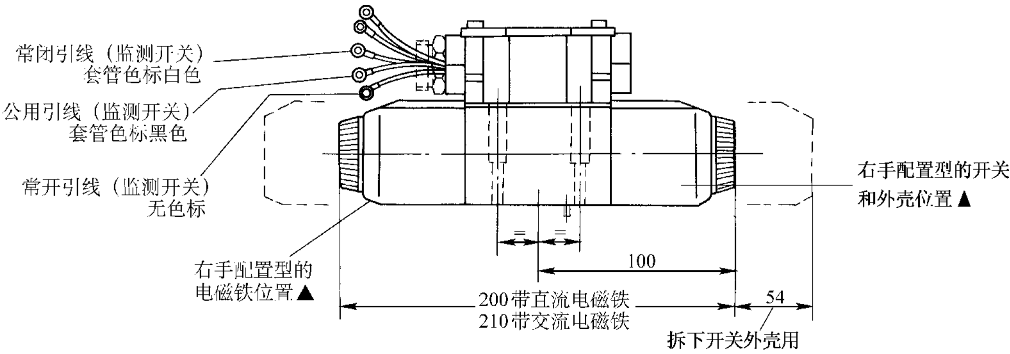
3号线脚，0V　1号线脚，常开　2号线脚，电源+Ve　4号线脚，常闭



▲ 对于左手配置(例如 DG4V-3-＊AL—60)电磁铁和开关位置相反。其他尺寸与 DG4V-3-＊＊-C/N 型相同。

（续）

DG4V-3-＊A(L)-(Z)-(V)M-S3-FPA5W-＊2-60
DG4V-3-＊A(L)-(Z)-(V)M-S4-FPA5W-＊2-60
DG4V-3-＊A(L)-(Z)-(V)M-S5-F-＊2-60

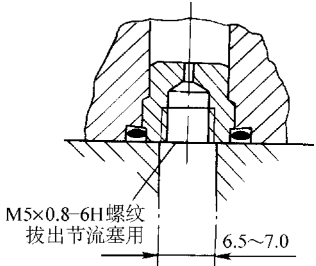


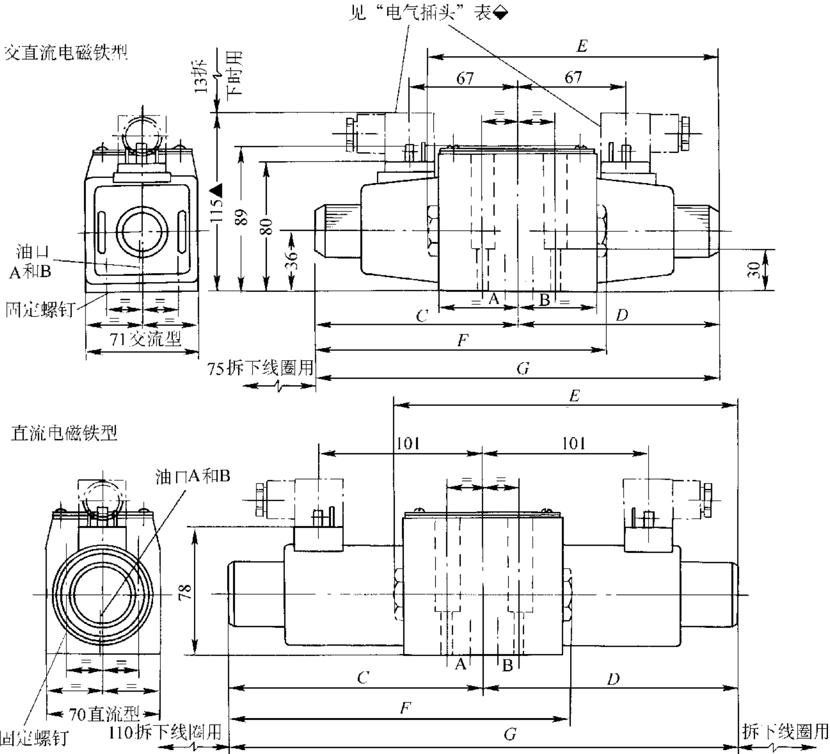
▲对于左手配置(例如 DG4V-3-＊AL—60)
电磁铁和开关位置相反
其他尺寸与 DG4V-3-＊＊-C/N 型相同

油口节流塞
节流塞可用于 A、B、P 或 T 口。它们用于节流或回路阻尼。系统压力在 21MPa 以上时不推荐采用节流塞。
典型型号：
DG4V-3(S)-＊＊-M-＊＊-＊＊60-P08
(0.8mm 直径节流在油口 P)
DG4V-3(S)-＊＊-M-＊＊-＊＊-60-P10-A10
(1.0mm 直径节流在油口 P 和 A)

节流塞选择表

代号	节流孔直径	件号
＊00	空白	694353
＊03	0.30	694341
＊06	0.60	694342
＊08	0.80	694343
＊10	1.00	694344
＊13	1.30	694345
＊15	1.50	694346
＊20	2.00	694347
＊23	2.30	694348





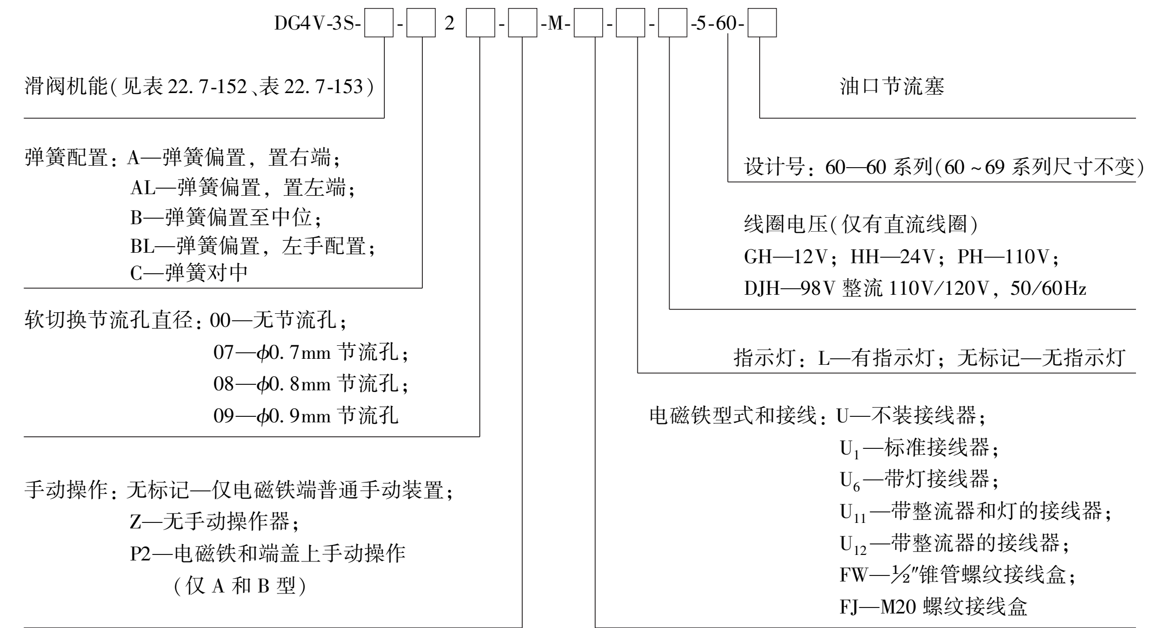
（续）

型号		电磁铁在	C	D	E	F	G
交流电磁铁	DG4V-5-∗A(L)/B(L)(-Z)-(V)M	油口 A 端	123	—	—	182	—
		油口 B 端	—	123	182	—	—
	DG4V-5-∗A(L)/B(L)-H2-(V)M	油口 A 端	138	—	—	223	—
		油口 B 端	—	138	223	—	—
	DG4V-5-∗A(L)/B(L)-P-(V)M	油口 A 端	123	—	—	195	—
		油口 B 端	—	123	195	—	—
	DG4V-5-∗C/N(-Z)-(V)M	两端	123	123	—	—	264
	DG4V-5-∗C/(N-H)-(V)M	两端	138	138	—	—	276
直流电磁铁	DG4V-5-∗A(L)/B(L)(-Z)-(V)M	油口 A 端	156	—	—	215	—
		油口 B 端	—	156	215	—	—
	DG4V-5-∗A(L)/B(L)-H2-(V)M	油口 A 端	185	—	—	270	—
		油口 B 端	—	185	270	—	—
	DG4V-5-∗A(L)/B(L)-P-(V)M	油口 A 端	156	—	—	228	—
		油口 B 端	—	156	228	—	—
	DG4V-5-∗C/N(-Z)-(V)M	两端	156	156	—	—	312
	DG4V-5-∗C/(N-H)-(V)M	两端	185	185	—	—	370

4.2.5　DG4V 型软切换电磁换向阀

通过电磁铁衔铁中节流孔降低阀芯移动速度和阀芯棱边开节流槽口等措施，实现减少系统在阀切换时的冲击。

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.7-151)

表 22.7-151　技术规格

最高压力/MPa	P、A、B 油口	35	介质粘度/$mm^2\cdot s^{-1}$		13~54		
	T 油口	10	介质温度/℃		-20 至 70		
最大流量/$L\cdot min^{-1}$		40	电磁铁线圈特性		最大功率/W	最大电流/A	线圈电阻/Ω
工作性质		连续 *ED*=100%	线圈型式	DJH	35	0.38	275
介质		矿物液压油，油包水乳化液，磷酸酯液		GH(12V)	39	3.1	3.8
				HH(24V)	36	1.5	15.6
				PH	37	0.34	328

（3）滑阀机能（见表 22.7-152、表 22.7-153）

表 22.7-152　滑阀机能（一）

双电磁铁阀，弹簧对中	单电磁铁阀，电磁铁在油口 A 端	单电磁铁阀，电磁铁在油口 B 端
A B Sol B　P T　Sol A DG4V-3S-**C2**阀 2= 6= 33=	A B Sol B　P T DG4V-3S-*A2**阀 2= DG4V-3S-**B2**阀 2= 6= 33=	A B P T　Sol A DG4V-3S-*AL2**阀 2= DG4V-3S-**BL2**阀 2= 6= 33=
双电磁铁阀，弹簧对中 A B Sol A　P T　Sol B	单电磁铁阀，电磁铁在油口 A 端 A B Sol A　P T	单电磁铁阀，电磁铁在油口 B 端 A B P T　Sol B

▲ 仅瞬时过渡状态。

表 22.7-153　滑阀机能（二）

DG4V-3S-**C2**-(**)-V阀 2= 6= 33= 8=	DG4V-3S*A2**-(**)-V阀 2= DG4V-3S**B2**-(**)-V阀 2= 6= 33= DG4V-3S-8BL2**-(**)-V阀 8=	DG4V-3S*AL2**-(**)-V阀 2= DG4V-3S-**BL2**-(**)-V阀 2= 6= 33= DG4V-3S-8B2**-(**)-V阀 8=

4.2.6　DG4V 型带阀芯位置指示开关的电磁换向阀

该阀带有阀芯位置指示开关，可显示弹簧复位的阀芯位置，从而确定油流通的状态。它可以用在多缸顺序动作、联锁等 PLC 控制系统中。

（1）型号说明

（2）技术规格（见表 22.7-154）及滑阀机能（见表 22.7-155）

DG4V-3-□-A(L)-□-VM-S6-U-□□-60-□-□

F13-DG4V-5-□-A(L)-□-VM-S6-U-□ 6 -20

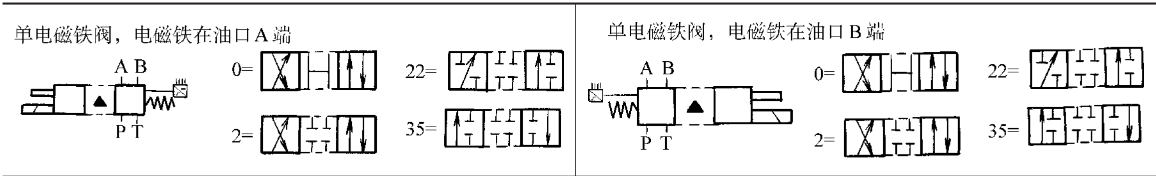
- 油液相容性：无标记—矿物油，油包水乳化液，磷酸酯液的交流或直流电压型；F13—用于水乙二醇的直流电压型
- 通径规格号：3—NG6；5—NG10
- 滑阀机能符号：2，22，35(35 只用于 DG4V—5 型)(见表 22.7-155)
- 阀芯弹簧配置：A—弹簧偏置；L—左手配置；无标记—右手配置
- 手动操作器：标准手动操作器省略；H—电磁铁端防水型　Z—无操作器　仅适用 DG4V—5 型
- 电磁铁通电标识：V—电磁铁 A 在油口 A 端或电磁铁 B 在油口 B 端
- 油口节流塞
- 专用特征
- 设计号：20—20 系列；60—60 系列（20～29 系列,60～69 系列尺寸与结构不变）
- 油口 T 背压值：6—16MPa(用于交流线圈)；7—21MPa(用于直流线圈)
- 线圈电压：A—110V，50Hz 交流；C—220V，50Hz 240V，60Hz 交流；G—12V H—24V 直流
- 电气接线：U—DIN 43650 安装不带插头(适用规格 3)；U—ISO 4400(适用规格 5)
- 阀芯指示开关：直流—S6；交流—S3，S4，S5

表 22.7-154　技术规格

规　　格			3	5
最高工作压力/MPa	P、A、B 油口		35	31.5
	T 口	交流	16	12
		直流	21	16
最大流量/L·min^{-1}			80	120
介质			矿物油，磷酸酯油液，油包水乳化液，水乙二醇	
介质粘度/m^2·s^{-1}			推荐(13～54)$^{-6}$，一般(13～500)×10^{-6}	
介质温度/℃			−20～70，含水液 10～54	
电气参数				
电压允许波动值(%)			±10	
响应时间/ms	P→A，B→T 交流	通电	18	30
		断电	32	40

规　　格		3	5
响应时间/ms	直流　通电	60	120
	断电	40	45
功率消耗	交流/VA 起动	268	700～750
	稳态		375～440
	保持	60	105～130
	直流/W HL 型	18	32
	其他型	30	38～42
指示开关输入电压/V		10～35 直流，允许 4V 波动	
电流/mA	开关开启	5	5
	开关闭合	255	255
最高切换频率/Hz		10	10
保护装置 IEC947		过载和短路保护，等级 IP65	

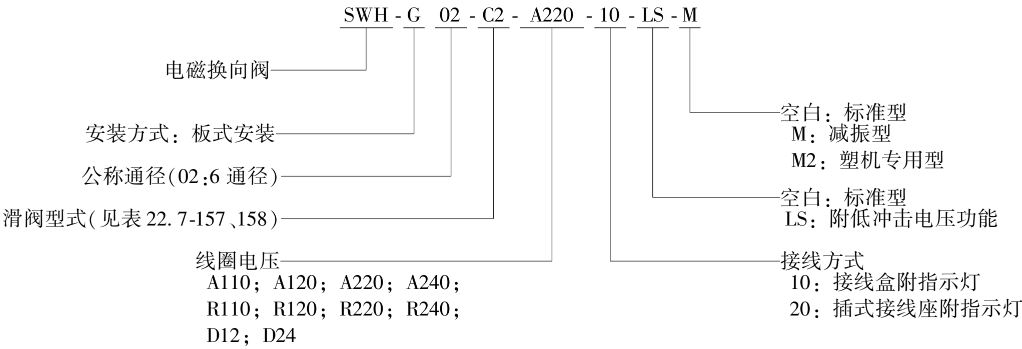
表 22.7-155　滑阀机能



▲ 仅瞬时过渡状态，其他尺寸同 DG4V-3 和 DG4V-5。

4.2.7　SWH-G02(10、20)型电磁换向阀

(1) 型号说明



(2) 技术规格(见表22.7-156)及滑阀机能(见表22.7-157、158)

表22.7-156　技术规格

型　　号	最大流量 /L·min^{-1}	最高工作压力 /MPa	最大允许背压 /MPa	最高换向频率 /次·min^{-1}
SWH-G02-** (标准型)	63	31.5	16	300
SWH-G02-**-M (减振型)	40	21	14	120

注：1. 最大流量指阀正常换向时的极限流量，最大流量随阀芯机能和工作条件而异。
2. M2系列规格的特性参数与标准型相同。

表22.7-157　滑阀机能(标准型)

滑阀型式	最大流量/L·min^{-1}																	
	P→A，B→T P→B，A→T						P→A						P→B					
	额定工作压力/MPa						额定工作压力/MPa						额定工作压力/MPa					
	5	10	15	21	25	31.5	5	10	15	21	25	31.5	5	10	15	21	25	31.5
C2	63	63	63	63	63	63	40	40	18	14	10	10	40	40	18	14	10	10
							32	25	12	9	7	7	32	25	12	9	7	7
C3	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
C4	63	63	63	63	63	63	40	40	18	14	10	10	40	40	18	14	10	10
							32	25	12	9	7	7	32	25	12	9	7	7
C40	63	63	63	63	63	63	40	40	18	14	10	10	40	40	18	14	10	10
							32	25	12	9	7	7	32	25	12	9	7	7
C5	50	50	50	50	50	—	50	50	50	50	50	—	50	50	50	50	50	—

（续）

滑阀型式	最大流量/L·min⁻¹																	
	P→A，B→T P→B，A→T						P→A						P→B					
	额定工作压力/MPa						额定工作压力/MPa						额定工作压力/MPa					
	5	10	15	21	25	31.5	5	10	15	21	25	31.5	5	10	15	21	25	31.5
C6	40	40	40	40	40	—	40	40	40	40	40	—	40	40	40	40	40	—
C7	63	63	63	63	63	63	40 32	40 25	18 12	14 9	10 7	10 7	40 32	40 25	18 12	14 9	10 7	10 7
C8	63	63	63	63	63	63	40 32	40 25	18 12	14 9	10 7	10 7	40 32	40 25	18 12	14 9	10 7	10 7
C9	63	63	63	63	63	63	40 32	40 25	18 12	14 9	10 7	10 7	40 32	40 25	18 12	14 9	10 7	10 7
B2	63	63	63	63	63	63	20	20	20	20	20	63	63	63	63	63	63	63
B3	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63 45	63 45	63 45	37 45	30 45	28 45
B20	—	—	—	—	—	—	35	32	25	20	18	15	63 45	50 30	45 28	40 25	32 22	25 18
D2	63	63	63	63	63	63	40	30	25	21	16	13	40	30	25	21	16	13
D3	63	63	63	63	63	63	40	30	25	21	16	13	40	30	25	21	16	13

注：1. 单行所示的流量值恒定，与电压变化无关（电压在允许变动范围内）。

2. 一行中有两个数字时，上行表示当DC及RF电源输入时，其最大流量值；下行表示当AC电源输入时，其最大流量值。

例如：

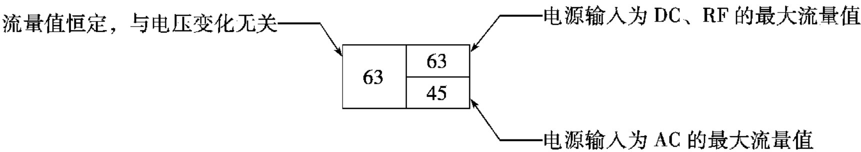
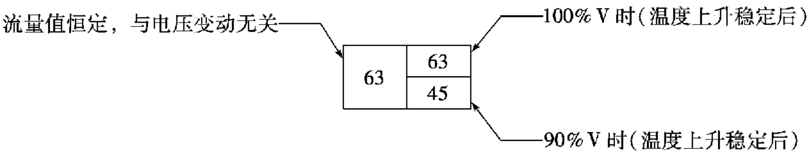


表 22.7-158　滑阀机能(减振型)

<table>
<tr><th rowspan="4">滑阀型式</th><th colspan="9">最大流量/L·min⁻¹</th></tr>
<tr><th colspan="3">P→A，B→T
P→B，A→T
A　B
a　b
P　T</th><th colspan="3">P→A
A　a　b
P　T</th><th colspan="3">P→B
a　B　b
P　T</th></tr>
<tr><th colspan="3">额定工作压力/MPa</th><th colspan="3">额定工作压力/MPa</th><th colspan="3">额定工作压力/MPa</th></tr>
<tr><th>5</th><th>10</th><th>16</th><th>5</th><th>10</th><th>16</th><th>5</th><th>10</th><th>16</th></tr>
<tr><td rowspan="2">C2</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">40</td><td>40</td><td>30</td><td rowspan="2">40</td><td>40</td><td>30</td></tr>
<tr><td>20</td><td>15</td><td>20</td><td>15</td></tr>
<tr><td rowspan="2">C4</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">40</td><td>40</td><td>30</td><td rowspan="2">40</td><td>40</td><td>30</td></tr>
<tr><td>20</td><td>15</td><td>20</td><td>15</td></tr>
<tr><td rowspan="2">B2</td><td rowspan="2">40</td><td>40</td><td>40</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">40</td><td>40</td><td>30</td></tr>
<tr><td>35</td><td>35</td><td>20</td><td>15</td></tr>
</table>

注：1. 单行所示的流量值恒定，与电压变化无关(电压在允许变动范围内)。
　　2. 一行中有两个数字时，上行表示额定电压时的值，而下行表示最小允许电压时的值。
　　例如：



(3) 电磁线圈参数(见表22.7-159)

表 22.7-159　电磁线圈参数

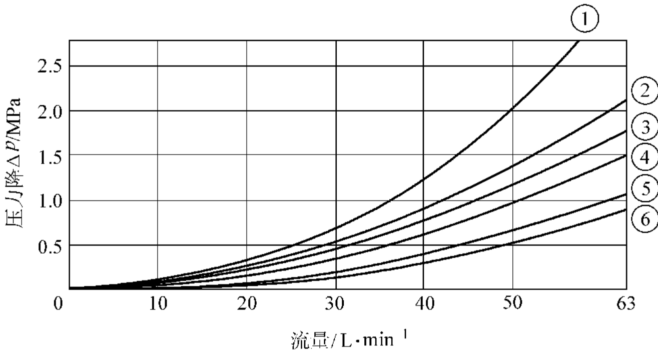
电源	线圈型式	频率/Hz	电压		在额定电压下的电流和功率		
			额定电压	允许变化范围/V	起动电流/A	保持电流/A	功率/W
AC	A110	50	AC100V	90～110	3.30	0.63	26.5
		60	AC110V	99～121	2.55	0.53	27.5
	A120	50	AC110V	99～121	2.91	0.57	26.5
		60	AC120V	108～132	2.32	0.49	27.5
	A220	50	AC220V	180～220	1.26	0.29	28
		60	AC220V	198～242	1.23	0.26	28.5
	A240	50	AC220V	198～242	1.17	0.28	28
		60	AC240V	216～264	1.14	0.24	28.5
	R110	50/60	AC110V	100～120		0.3	30
	R220	50/60	AC220V	198～242		0.16	30

（续）

电源	线圈型式	频率/Hz	电　　压		在额定电压下的电流和功率		
			额定电压	允许变化范围/V	起动电流/A	保持电流/A	功率/W
DC	D12	DC12V		10.8～13.2		2.5	30
	D24	DC24V		21.6～26.4		1.34	32

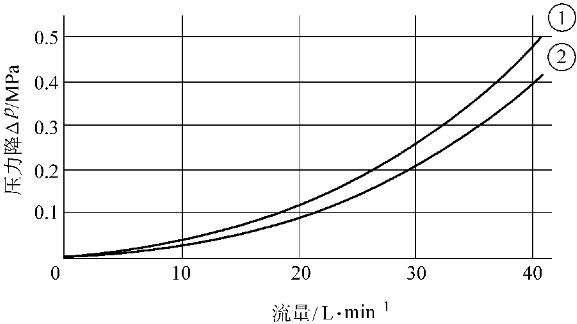
注：1. 电压波动容许范围为额定电压的 ±10%。
2. 耐电压 1500V/s。
3. 绝缘电阻 100MΩ 以上。

（4）特性曲线（见图 22.7-81、图 22.7-82）



型号	压降曲线图					型号	压降曲线图				
	P→A	B→T	P→B	A→T	P→T		P→A	B→T	P→B	A→T	P→T
C2	5	5	5	5	—	C9	6	5	5	5	—
C3	6	6	6	6	4	D2	5	5	5	5	—
C4	5	6	5	6	—	D3	5	3	5	3	—
C40	5	5	5	5	—	B2	4	5	4	5	—
C5	2	2	2	2	4	B3	3	3	5	5	—
C6	1	1	1	1	4	B20	2	—	5	—	—
C60	1	1	1	1	3	B2S	4	5	4	5	—
C7	6	5	6	5	—	B3S	5	5	3	3	—
C8	5	5	5	6	—	B20S	5	—	2	—	—

图 22.7-81　标准型压力流量特性曲线图



型号	压降曲线图			
	P→A	B→T	P→B	A→T
C2	1	1	1	1
C4	1	2	1	2
B2	1	1	1	1

图 22.7-82　减振型压力流量特性曲线图

（5）标准型换向时间（见表 22.7-160）

表 22.7-160　标准型换向时间表

型　　号	切换时间/ms	
	T_1	T_2
SWH-G02-C2-A＊系列	14	19
SWH-G02-C2-D＊系列	43	17
SWH-G02-C2-R＊系列	46	88

（6）减振型换向时间(见表 22.7-161)

表 22.7-161　减振型换向时间表

类型	型　　号	时间/ms		加速度/m·s^{-2}	
		T_1	T_2	G_1	G_2
减振型	SWH-G02-C2-D＊-M	70	30	12	7
标准型	SWH-G02-C2-D＊	35	25	18	15

（7）外形尺寸(见表 22.7-162)

表 22.7-162　外形尺寸

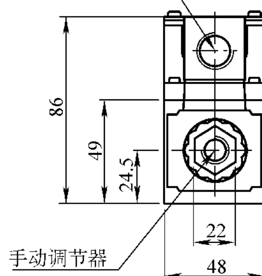
SWH-G02-**-D/R*-10

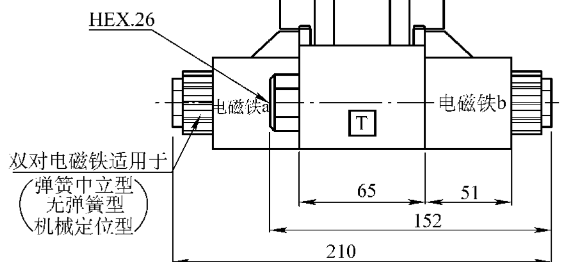
安装面：ISO 4401-AB-03-4-A
重量：2.0/1.6kg

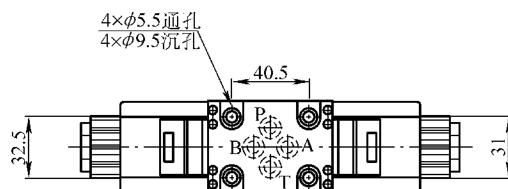
（续）

SWH-G02-**-A*-10-*

安装面：ISO 4401-AB-03-4-A
重量：2.0/1.6kg

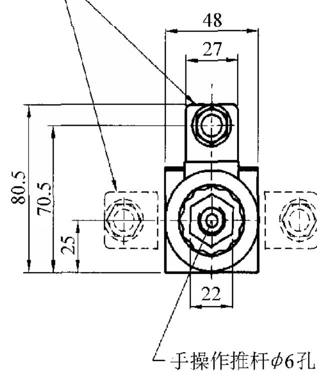


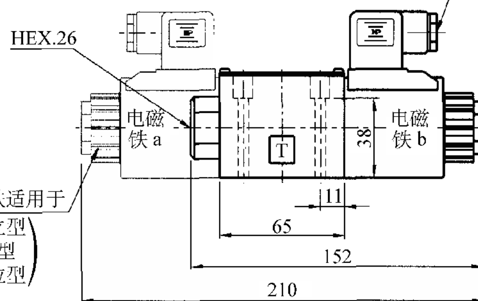


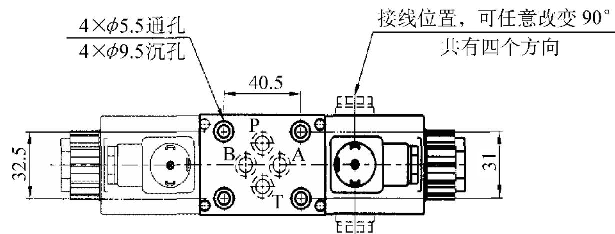


SWH-G02-**-D/R*-20

安装面：ISO 4401-AB-03-4-A
重量：2.0/1.6kg

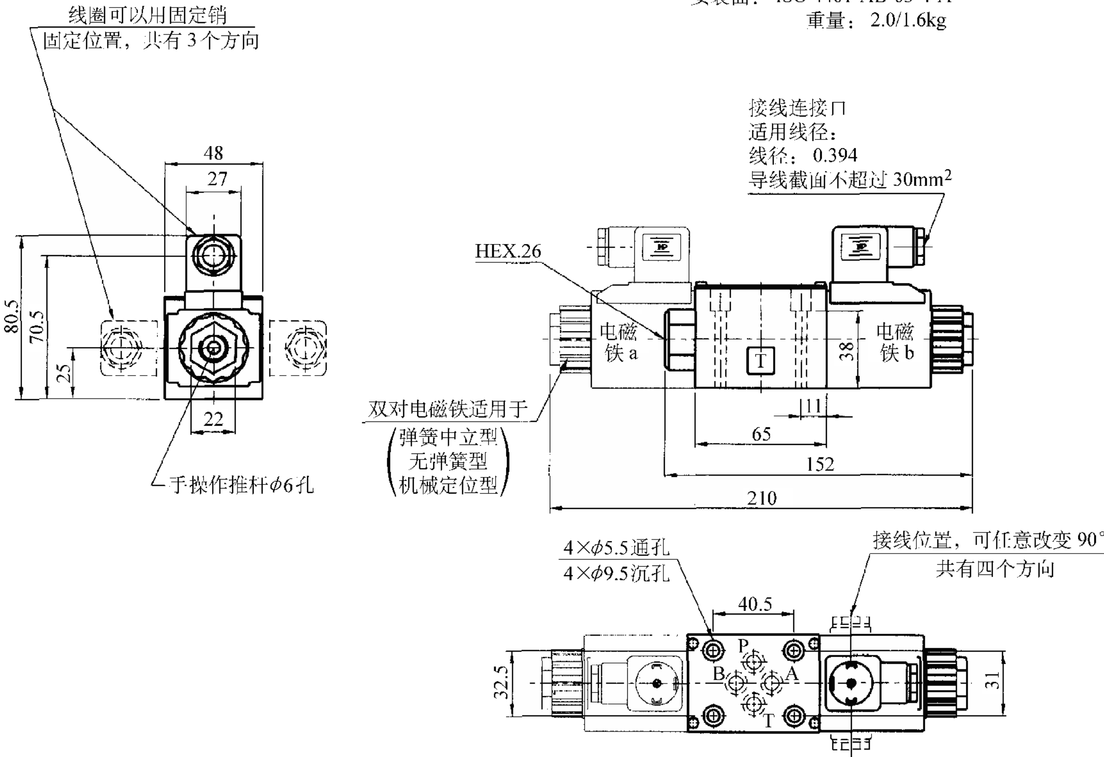






（续）

SWH-G02-**-A*-20

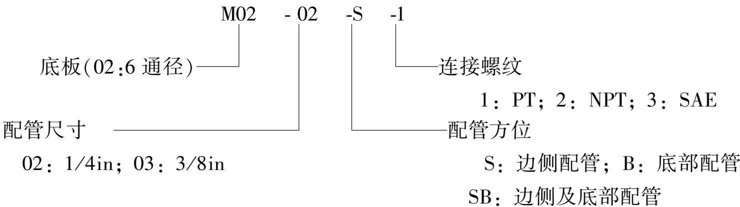


(8) 安装附件(见表22.7-163)

表22.7-163　安装附件

名　　称	数　　量	米制标准	英制标准	备　　注
安装螺钉(内六角螺钉)	4	M5×45L	NO.10-24UNC×1-3/4	安装螺钉固定扭矩为5～7N·m
安装面O形环油封	4	AS568-012	AS568-012	

(9) 安装阀板型号说明



4.3　电液换向阀及液动换向阀

4.3.1　WEH电液换向阀及WH液控换向阀

(1) 结构原理

WEH型电液换向阀是用电磁阀作为先导控制的滑阀式换向阀，用于控制液流的通断和流动方向。

该阀主要由主阀体、主阀芯、一个(或二个)复位弹簧和带一个(或二个)电磁铁的先导电磁阀组成。该阀有许多不同的性能和附加装置可供选择。先导控制的电磁阀有湿式交流或直流；带或不带故障检查按钮；电气连接型式有单独式和集中式；主阀采用弹簧

对中和弹簧复位或液压对中和液压复位；带或不带换向时间调节器；带或不带主阀行程限制器或者主阀芯终端位置指示器；带或不带主阀终端位置开关；在主阀 P 腔内可装预压阀；可安装插入式阻尼器；在工作压力超过 25MPa 时可安装减压阀。这种阀共有 19 种标准型机能。

弹簧对中式的三位四通电液换向阀(如 4WEH25…50/…型)。图 22.7-83 是这种型式阀的结构原理图。主阀芯 8 是靠两个复位弹簧 2 保持中位，两个弹簧腔通过先导电磁阀(简称导阀)与油箱相通。控制油经油道 3 进入到导阀 6 中。当导阀换向时，控制压力油作用在主阀芯两端中的一个端面上，推动主阀芯移动，接通相应的油口，从而改变液流的流动方向。当电磁铁断电时，导阀芯回到初始位置上(脉冲式阀除外)，在弹簧力的作用下主阀芯 8 回到中位。弹簧腔中的油经导阀通过外排口 Y 或内部通道 T 排出。

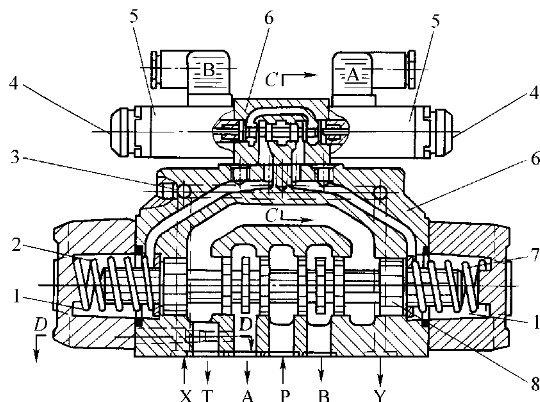


图 22.7-83　WEH 型弹簧对中式的电液换向阀结构原理图
1—弹簧腔　2—复位弹簧　3—控制油进油道
4—故障检查按钮　5—电磁铁　6—先导电磁阀
7—主阀体　8—主阀芯

(2) 型号说明

□□□□□□/□6□□□□□□/□□□□□ *

- 工作压力：无标记—28MPa；H—35MPa
- WEH—电液阀；WH—液控阀
- 通径：10、16、25、32
- H—主阀液压复位或对中；无标记—主阀弹簧复位或对中
- 滑阀机能，见滑阀机能符号图
- 10—20 系列(NG10)(20～29 系列内部结构和连接尺寸相同)；50—50 系列(NG16、25、32)(50～59 系列内部结构和连接尺寸相同)
- 当导阀是用两个电磁铁的二位阀(脉冲式阀)，主阀是液压复位 O—导阀没有复位弹簧；OF—没有复位弹簧，有定位器(WH 无此项)
- A—普通电磁铁；E—螺纹连接电磁铁
- G24—直流电压 24V；W220-50—交流电压 220V，频率 50Hz；用直流电磁铁，使用与频率无关的交流电压　W110R*—110V；W220R*—220V(*：只能用 Z5 型带内装式整流器的插头)其他电压见电气参数表(WH 无此项)
- 无标记—不带故障检查按钮；N—带故障检查按钮(WH 无此项)
- 控制油结构型式：无标记—外供外排型；E—内供外排型；ET—内供内排型；T—外供内排型
- 无标记—没有换向时间调节器；S—有换向时间调节器；进口节流；S_2—有换向时间调节器；出口节流
- 电器连接型式(见电器连接尺寸图)(WH 无此项)
- 附加装置号(见附加装置位置图)
- 无标记—不带插入式阻尼器；B08—阻尼器节流孔直径 0.8mm；B10—阻尼器节流孔直径 1.0mm；B12—阻尼器节流孔直径 1.2mm；B15—阻尼器节流孔直径 1.5mm；(WH 无此项)
- 无标记—不带预压阀；P4.5—带预压阀，开启压力 0.45MPa
- 无标记—不带定比减压阀；DI—定比减压阀(减压比 1∶0.66)
- 无标记—矿物质液压油；V—磷酸酯液压液
- 其他细节用文字说明

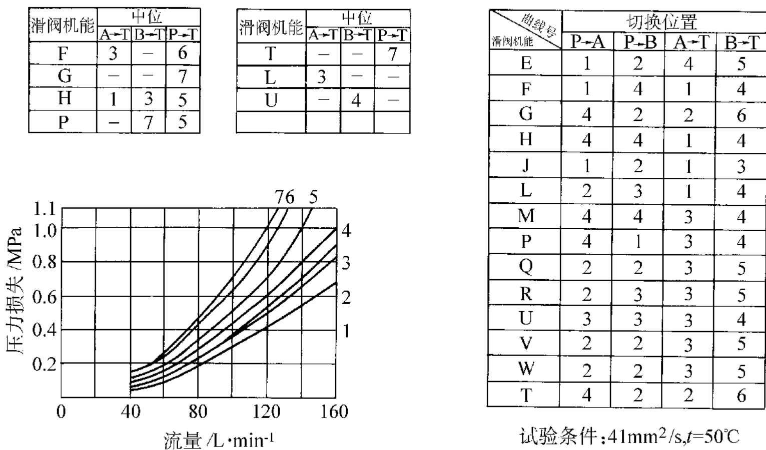
（3）技术规格及特性曲线（见表22.7-164～表22.7-165、图22.7-84～图22.7-87），机能符号（见表22.7-166～表22.7-168）

表22.7-164　技术规格

通径/mm			10	16		22		25	32	
型　号	电液动换向阀		4WEH	4WEH	H-4WEH	4WEH	H-4WEH	4WEH	4WEH	H-4WEH
最大允许工作压力/MPa	A. B. P 口		28	28	35	28	35	35	28	35
	T 口	外泄	25							
		内泄	直流电磁铁16 交流电磁铁10							
	Y 口　外泄		直流电磁铁16 交流电磁铁10							
最小控制压力/MPa	三位弹簧对中		1.0	1.2		1.05	1.25	1.3	0.85	
	三位液压对中		—	1.2		—		1.8	0.85	
	二位弹簧复位		1.0	1.2		1.1	1.4	1.3	1.0	
	二位液压复位		0.7	1.2		0.8		0.8	0.5	
	压力插装件		0.45	（用于滑阀机能 C. F. G. H. P. T. V. Z. S）						
最大控制压力/MPa			25	25		21		25	25	
流量/L·min^{-1}			160	300		450		650	1100	
重量/kg			6.4	8.3		11.5		17.6	40.5	
			6.8	8.6		11.9		19	41	
			0.8	0.8		0.8		0.8	0.8	
			0.5	0.5		0.5		0.5	0.5	

表22.7-165　电气规格

电压类别	直流电压	交流电压
电压/V	12、24、42、60、96、110、180、195、220	42、110、127、220/50Hz　110/120/220/50Hz
消耗功率/W	26	—
吸合功率/V·A	—	46
启动功率/V·A	—	130
运行状态	连续	
环境温度/℃	50	
最高线圈温度/℃	50	
保护装置	IP65，符合 DIN40050	

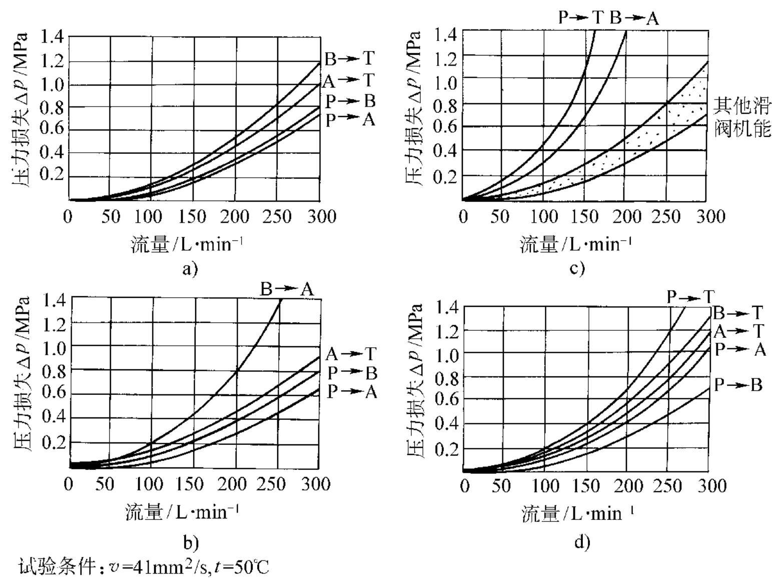


滑阀机能	中位 A→T	中位 B→T	中位 P→T
F	3	–	6
G	–	–	7
H	1	3	5
P	–	7	5

滑阀机能	中位 A→T	中位 B→T	中位 P→T
T	–	–	7
L	3	–	–
U	–	4	–

滑阀机能＼曲线号	切换位置 P→A	P→B	A→T	B→T
E	1	2	4	5
F	1	4	1	4
G	4	2	2	6
H	4	4	1	4
J	1	2	1	3
L	2	3	1	4
M	4	4	3	4
P	4	1	3	4
Q	2	2	3	5
R	2	3	3	5
U	3	3	3	4
V	2	2	3	5
W	2	2	3	5
T	4	2	2	6

图22.7-84　4WEH10型特性曲线



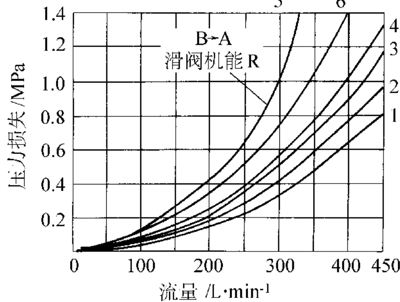
试验条件：v=41mm²/s,t=50℃

图 22.7-85　4WEH16 型特性曲线

a) E 型机能　b) R 型机能　c) S 型机能　d) G 和 T 型机能

滑阀机能	零位 A→T	零位 B→T	零位 P→T
F	–	–	4
G			6
H	–	–	2
P	–	–	6

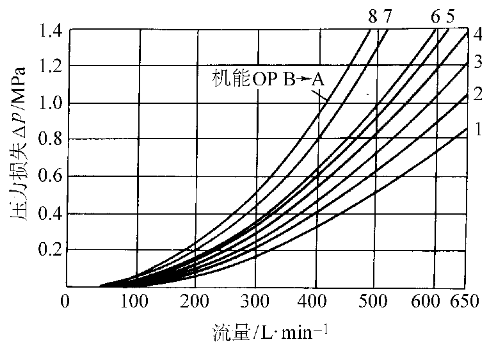
滑阀机能	零位 A→T	零位 B→T	零位 P→T
T	–	–	5
L	4	–	–
U	–	6	–



滑阀机能＼曲线号	切换位置 P→A	P→B	A→T	B→T
E	2	2	1	4
F	1	2	1	2
G	2	2	2	4
H	2	2	1	3
J	2	2	1	3
L	2	2	1	2
M	2	2	1	4
P	2	2	1	4
Q	2	2	1	4
R	1	2	1	–
U	2	2	1	4
V	2	2	1	4
W	2	2	1	3
T	2	2	2	4

试验条件：41mm²/s,t=50℃

图 22.7-86　4WEH22 型特性曲线



4WEH25 型特性曲线

试验条件：ν = 41mm²/s，t = 50℃

7—G 型机能中间位置　P→T

8—T 型机能中间位置　P→T

滑阀机能＼曲线号	切换位置 P→A	B→T	P→B	A→T
E	1	3	1	1
F	1	3	4	3
G	3	4	1	2
H	4	4	4	3
J	2	5	2	3
L	2	3	2	3
M	4	4	4	1
P	4	5	1	1
Q	2	5	2	3
R	2	—	1	1
T	3	4	1	2
U	2	6	1	1
V	4	6	4	3
W	1	3	1	1

a)

图 22.7-87　4WEH25 及 4WEH32 特性曲线

a）4WEH25 型特性曲线

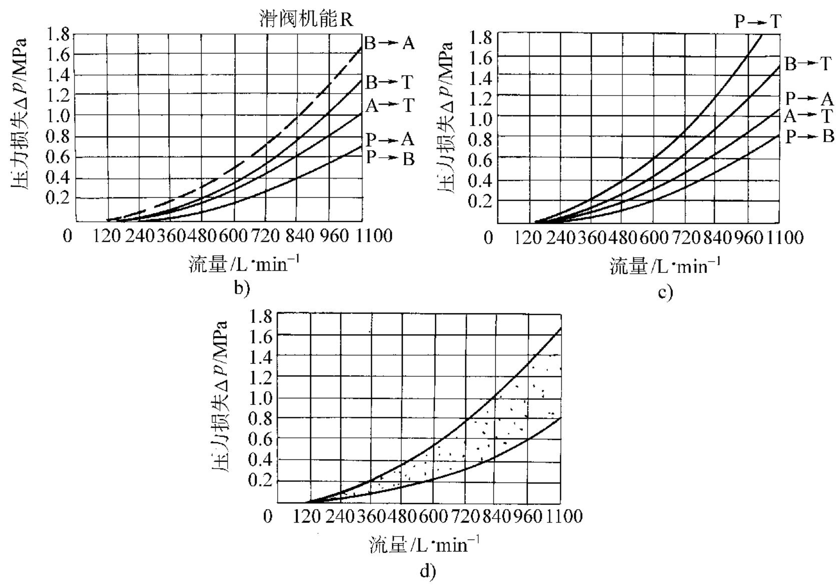


图22.7-87 4WEH25及4WEH32特性曲线(续)

b) 4WEH32E、R和W型机能 c) 4WEH32G和T型机能 d) 4WEH32除W、T、R、G和E型外的其余机能

b)、c)、d)的试验条件：$\nu=36\text{mm}^2/\text{s}$，$t=50$℃

表22.7-166 三位阀简化的机能符号(符合DIN24300)

弹簧对中式型号	滑阀机能	机能符号	过渡机能符号	弹簧对中式型号	滑阀机能	机能符号	过渡机能符号
4WEH …E…/…	E	a [symbol] b		4WEH …Q…/…	Q		
4WEH …F…/…	F			4WEH …R…/…	R		
4WEH …G…/…	G			4WEH …S…/…	S		
4WEH …H…/…	H			4WEH …T…/…	T		
4WEH …J…/…	J			4WEH …U…/…	U		
4WEH …L…/…	L			4WEH …V…/…	V		
4WEH …M…/…	M			4WEH …W…/…	W		
4WEH …P…/…	P						

注：WEH25和WEH32型换向阀没有“S”型机能。

表 22.7-167　二位阀的详细符号和简化符号

X＝内部 Y＝内部	4WEH…/…ET 型	4WEH…H…/…ET 型	4WEH…H…/O…ET 型	4WEH…H…/OF…ET 型
X＝外部 Y＝内部	4WEH…/…T 型	4WEH…H…/…T 型	4WEH…H…/O…T 型	4WEH…H…/OF…T 型
X＝内部 Y＝外部	4WEH…/…E 型	4WEH…H…/…E 型	4WEH…H…/O…E 型	4WEH…H…/OF…E 型
X＝外部 Y＝外部	4WEH…/…型	4WEH…H…/…型	4WEH…H…/O…型	4WEH…H…/OF…型

…H…/O 和…H…/OF 不用于 Y 型滑阀

滑阀机能	C	D	K	Z	Y
符号(切换特性)	a b	a b	a b	a b	a b
带过渡位置符号					

表 22.7-168　三位换向阀的详细符号和简化符号

	弹 簧 对 中	液 压 对 中
X = 外部 Y = 外部	4WEH…/…型	4WEH…H…/…型
X = 内部 Y = 外部	4WEH…/…E…型	4WEH…H…/…E…型
X = 内部 Y = 内部	4WEH…/…ET…型	4WEH…H…/…ET 型和 4WEH…H…/…T 型 没有三位阀
X = 外部 Y = 内部	4WEH…/…T…型	

4WEHA50/…、4WEHA50/…(弹簧复位简化符号)

4WEH…A50/…型	4WEH…A50/…E 型	4WEH…B50/…型	4WEH…B50/…型
4WEH…A50/…ET 型	4WEH…A50/…T 型	4WEH…B50/…ET 型	4WEH…B50/…T 型

4WEH H A50/…、4WEH H B50/…(液压复位简化符号)

4WEH…HA50/…型	4WEH…HA50/…E 型	4WEH…HB50/…型	4WEH…HB50/…型

(4) 外形尺寸(见图 22.7-88 ~ 图 22.7-92,表 22.7-169)

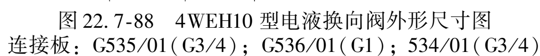


图 22.7-88　4WEH10 型电液换向阀外形尺寸图
连接板：G535/01(G3/4)；G536/01(G1)；534/01(G3/4)

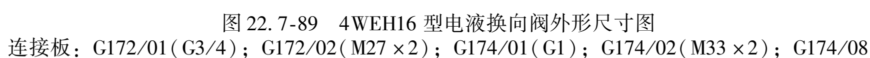


图 22.7-89　4WEH16 型电液换向阀外形尺寸图
连接板：G172/01(G3/4)；G172/02(M27×2)；G174/01(G1)；G174/02(M33×2)；G174/08

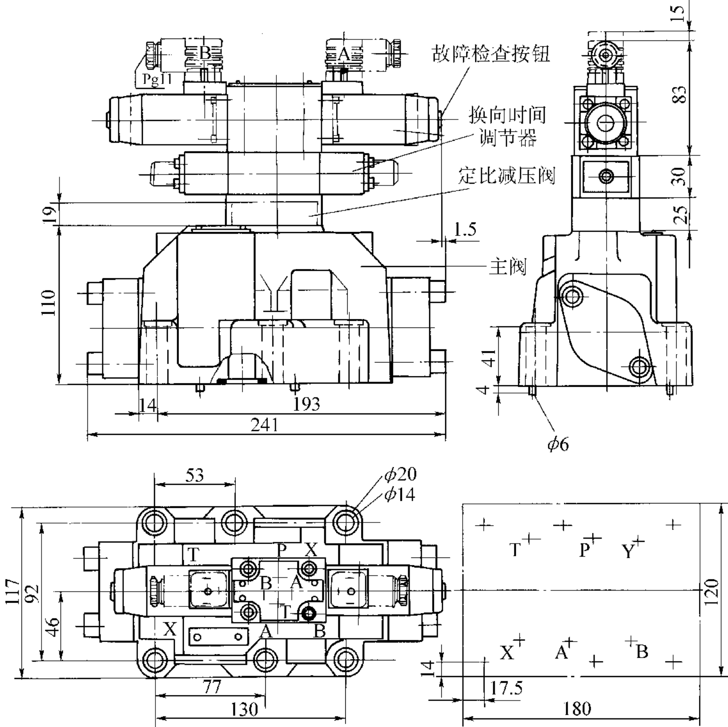


图 22. 7-90　4WEH22 型电液换向阀外形尺寸

连接板：1G151/01(G1)；G154/01(G11/4)；G156/01(G11/2)

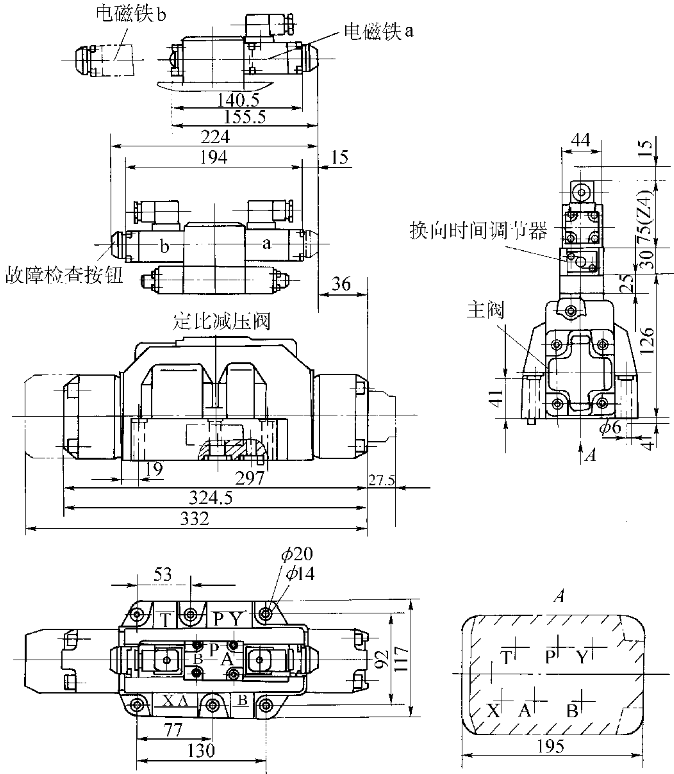


图 22. 7-91　4WEH25 型电液换向阀外形尺寸图

连接板：G151/01(G1)；G153/01(G1)；G154/01(G11/4)；G156/01(G11/2)；G154/08

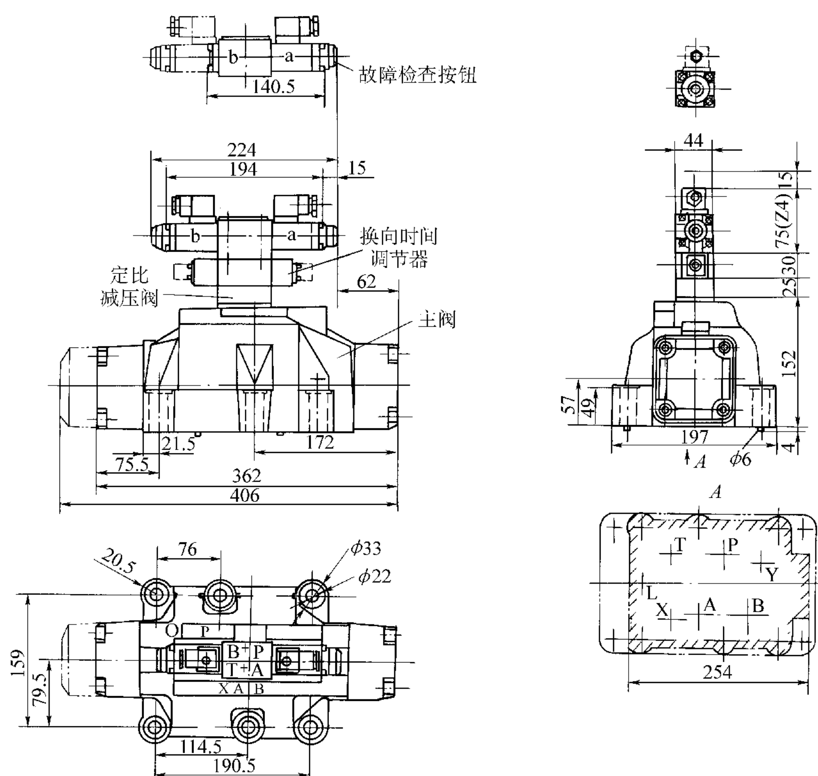


图 22.7-92　4WEH32 型电液换向阀外形尺寸图

连接板：G157/01(G11/2)；G157/02(M48×2)；G158/10

表 22.7-169　安装底板　（mm）

通径	型号	D_1	D_2	ϕD_3	T_1	阀固定螺钉	重量/kg
通径 10（G535/01、G535/02、G536/01、G536/02）	G535/01	G3/4	G1/4	42	16	4 个螺钉 M6-10.9 级内六角螺钉	3.6
	G535/02	M27×2	M14×1.5	42	16		
	G536/01	G1	G1/4	47	18		
	G536/02	M33×2	M14×1.5	47	18		

1—阀安装面　2—前面板开口　3—阀固定孔

（续）

通径 16

G172/01
G172/02

型　　号	D_1	D_2	重量/kg
G172/01	G3/4	G1/4	2.8
G172/02	M27×2	M14×1.5	

1—定位销孔　　3—阀安装面　　5—阀固定螺钉
2—阀固定孔　　4—前面板阀口　4 个 M10—10.9 级
　　　　　　　　　　　　　　2 个 M7—10.9 级

G174/01
G174/02

型　　号	D_1	D_2	重量/kg
G174/01	G1	G1/4	5.5
G174/02	M33×2	M14×1.5	

1—定位销孔　　3—阀安装面　　5—阀固定螺钉
2—阀固定孔　　4—前面板阀口　4 个 M10—10.9 级
　　　　　　　　　　　　　　2 个 M6—10.9 级

（续）

通径 16　G174/08

型　　号	连接法兰	重量/kg
G174/08		5.5

1—定位销孔　3—阀安装面　5—阀固定螺钉
2—阀固定孔　4—前面板阀口　4 个 M10—10.9 级
　　　　　　　　　　　　　2 个 M6—10.9 级

通径 22　通径 25　G151/01　G153/01

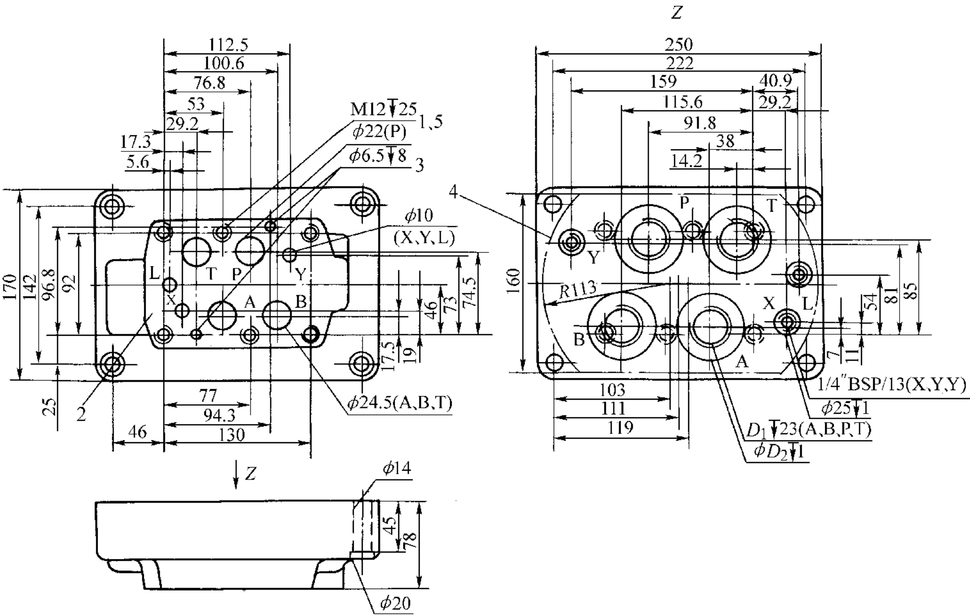
型　　号	重量/kg
G151/01	5
G153/01[1]	

1）用于压力对中的阀

1—定位销孔　3—阀安装面　5—阀固定螺钉
2—阀固定孔　4—前面板阀口

（续）

通径 22　G154/01　G156/01

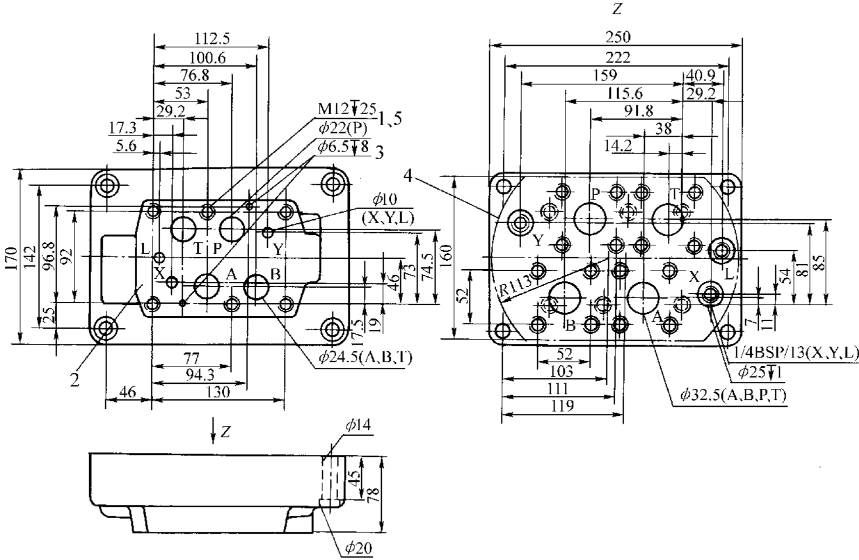


型　　号	D_1	ϕD_2	重量/kg
G154/01	G1¼	58	16
G156/01	G1/2	65	

1—定位销孔　　3—阀安装面　　5—阀固定螺钉

2—阀固定孔　　4—前面板阀口　　6 个 M12—10.9 级

通径 25　G154/08



型　　号	连接法兰	重量/kg
G154/08		16

1—定位销孔　　3—阀安装面　　5—阀固定螺钉

2—阀固定孔　　4—前面板阀口　　6 个 M12—10.9 级

（续）

<table>
<tr><td rowspan="4">通径32</td><td rowspan="2">G157/01
G157/02</td><td>

型　　号	D_1	D_2	重量/kg
G157/01	G1½	G3/8	18
G157/02	M48×2	M18×1.5	

</td></tr>
<tr><td>1—定位销孔　3—阀安装面　5—阀固定螺钉
2—阀固定孔　4—前面板阀口　6 个 M20—10.9 级</td></tr>
<tr><td rowspan="2">G158/10</td><td>

型　　号	连接法兰	重量/kg
G172/01		30.5

</td></tr>
<tr><td>1—定位销孔　3—阀安装面　5—阀固定螺钉
2—阀固定孔　4—前面板阀口　6 个 M20—10.9 级</td></tr>
</table>

4.3.2　DSHG 型电液换向阀

DSHG 型电液换向阀由电磁换向阀（DSG-01 型）和液动换向阀（主阀）组成，用于较大流量的液压系统。

（1）型号说明

□-□-DSHG-□-□ □□□-□-□□-□-□-□-□-□-□-□-□

工作介质：
无标记—矿物液压油，含水工作液
F—磷酸酯液压液

类别：无标记—常规型
S—无冲击型

电液换向阀

通径：01—NG6；03—NG10；04—NG16
06—NG20；10—NG30

位置数：3—三位；2—二位

弹簧配置型式：C—弹簧对中；B—弹簧偏置
N—无弹簧，有定位器
H—压力对中

滑阀机能(见表22.7-171)

A—使用中位与电磁铁“A”端位置
B—使用中位与电磁铁“B”端位置

先导节流：无标记—不带先导节流
C_1—带 C_1 型先导节流
C_2—带 C_2 型先导节流
C_1C_2—带 C_1C_2 型先导节流

先导控制方式：
无标记—先导内控式；E—先导外控式

先导泄油方式：
无标记—外部泄油；T—内部泄油

阀芯控制型式；R_2—两端均带行程调节
R_A—A 口端带行程调节；R_B—B 口端带行程调节
P_2—两端均带先导活塞；P_A—A 口端带先导活塞
P_B—B 口端带先导活塞

电源电压：A100—交流电压110V；
A120—交流电压120V；A200—交流电压200V
A240—交流电压240V；D12—直流电压12V
D24—直流电压24V；D100—直流电压100V
R100—本整电磁铁，交流100V
R200—本整电磁铁，交流200V

手动操作：无标记—手动推杆；C—手动紧按钮

阻尼器：无标记—不带阻尼器；H—带阻尼器

电气连接型式：无标记—接线盒线
N—插头式
N1—带指示灯，插头式

系列号：1*—1*系列，对应DSHG-01，03型(10～19系列安装和连接尺寸相同)
4*—4*系列，对应DSHG-10型(40～49系列安装和连接尺寸相同)
5*—5*系列，对应DSHG-06型(50～59系列安装和连接尺寸相同)

电磁铁位置：无标记—电磁铁标准装配；L—电磁铁反向装配

（2）技术规格（见表 22.7-170、表 22.7-171）

表 22.7-170　技术规格

型　　号	最大流量 /L·min⁻¹	最大工作压力 /MPa	最高先导压力 /MPa	最低先导压力 /MPa	最高允许背压 /MPa		最高切换频率 /次·min⁻¹			重量 /kg
					外排式	内排式	AC	DC	R	
DSHG-01-3C*-*-1*	40	21	21	1	16	16	120	120	120	3.5
DSHG-01-2B*-*-1*										2.9
DSHG-03-3C*-*-1*	160	25	25	0.7	16	16	120	120	120	7.2
DSHG-03-2N*-*-1*										7.2
DSHG-03-2B*-*-1*										6.6
DSHG-04-3C*-*-5*	300	31.5	25	0.8	21	16	120	120	120	8.8
(S-)DSHG-04-2N*-*-5*										8.8
(S-)DSHG-04-2B*-*-5*										8.2
(S-)DSHG-06-3C*-*-5*	500	31.5	25	0.8	21	16	120	120	120	12.7
(S-)DSHG-06-2N*-*-5*										12.7
(S-)DSHG-06-2B*-*-5*										12.1
(S-)DSHG-06-3H*-*-5*			21	1			110	110	110	13.5
(S-)DSHG-10-3C*-*-4*	1100	31.5	25	1	21	16	120	120	120	45.3
(S-)DSHG-10-2N*-*-4*							100	100	100	45.3
(S-)DSHG-10-2B*-*-4*			21				60	60	50	44.7
(S-)DSHG-10-3H*-*-4*										53.1
介质	矿物液压油，磷酸酯液压液，含水工作液									
介质粘度/mm²·s⁻¹	15～400									
介质温度/℃	－15～70									

表 22.7-171　滑阀机能

三位阀（弹簧对中）	二　位　阀
A B a　b P T	无弹簧，带定位器　A B　a　b　P T 弹簧偏置　A B　a　b　P T
2　3　4 40　5　6 60　7　9 10　11　12	2　3　4 40　7

（3）外形尺寸(见图22.7-93～图22.7-97、表22.7-172)

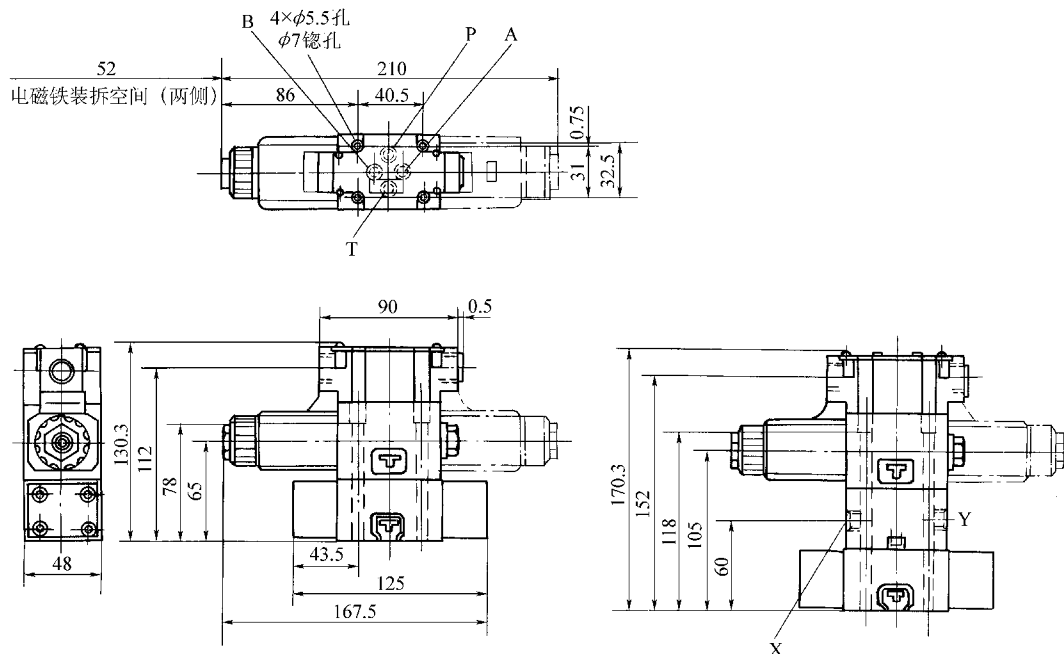


图22.7-93　DSHG-01型电液换向阀

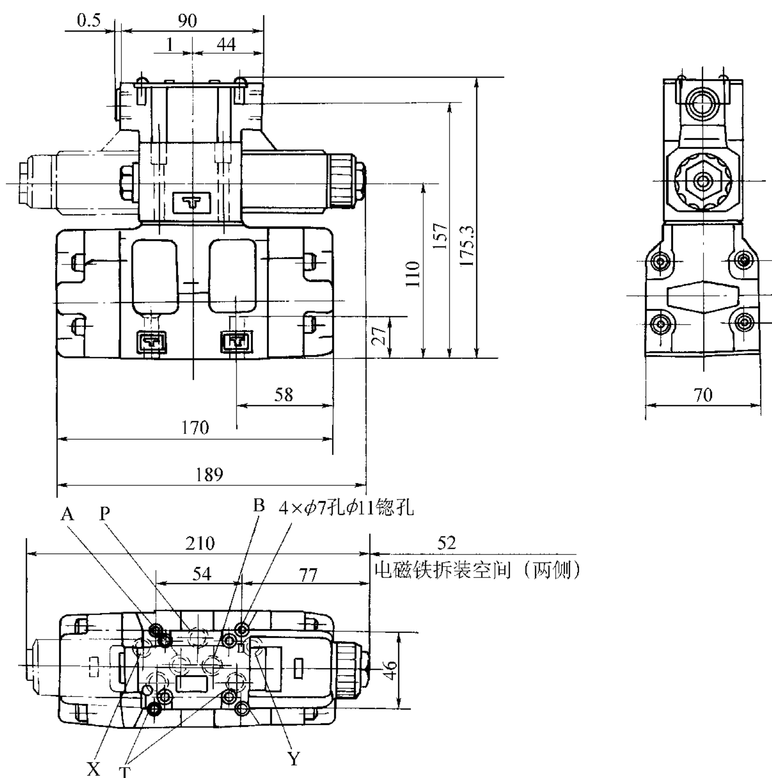


图22.7-94　DSHG-03型电液换向阀

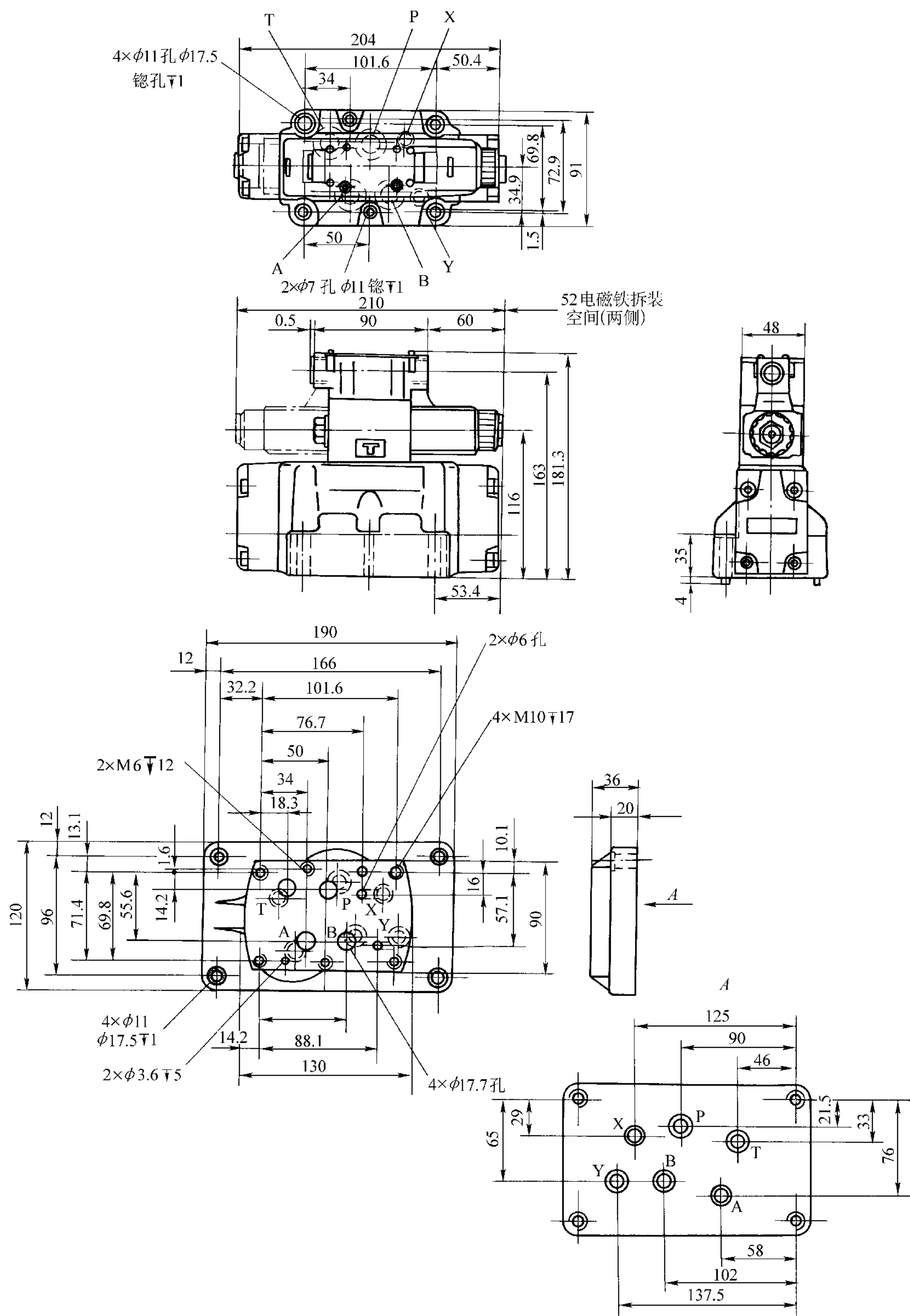


图 22.7-95　DSHG-04 型电液换向阀

图22.7-96 DSHG-06型电液换向阀

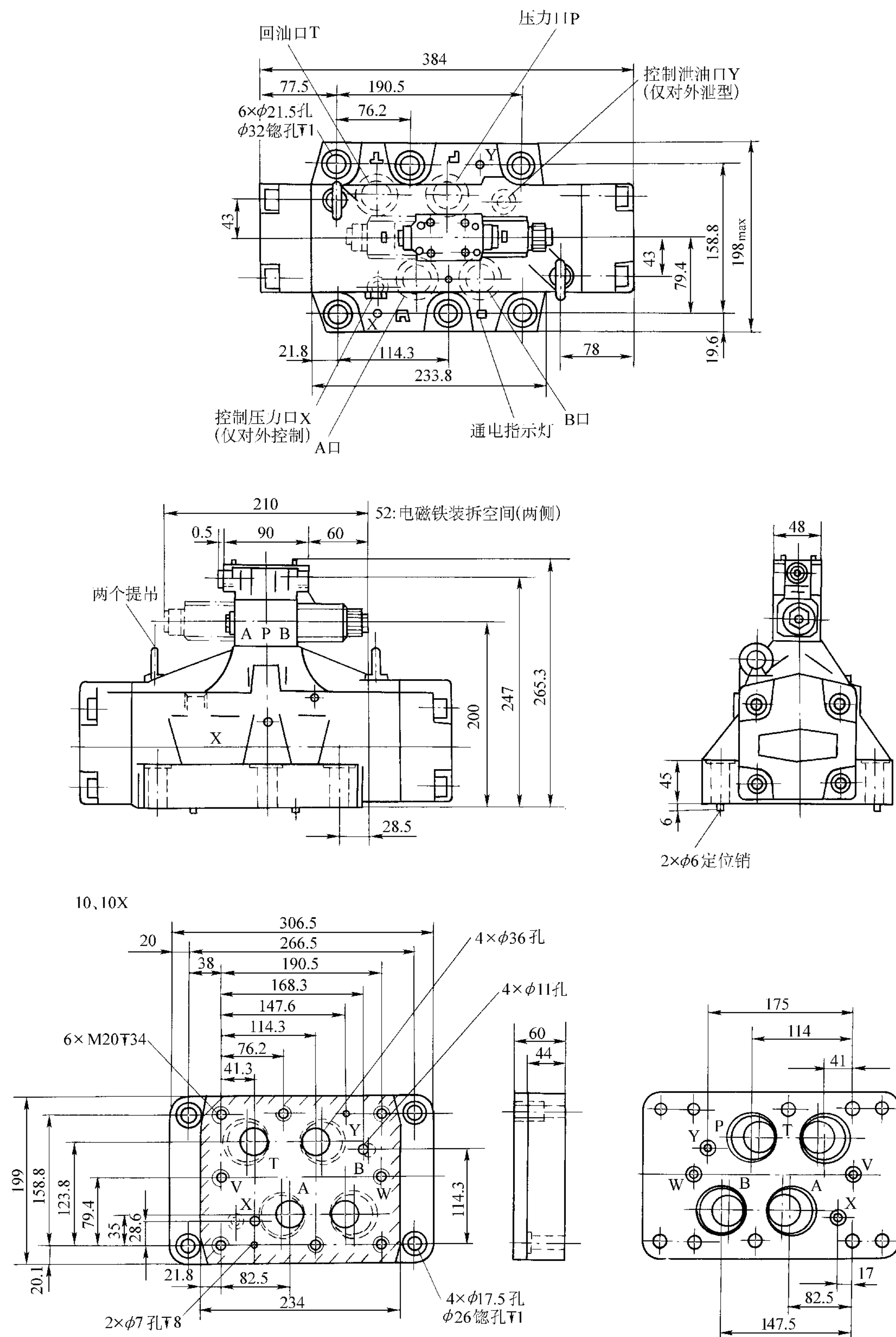
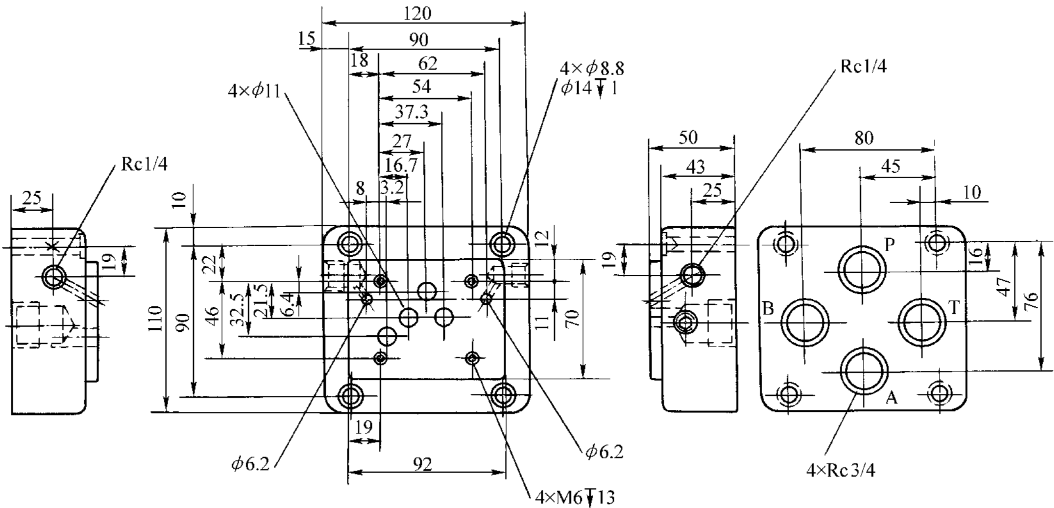


图 22.7-97　DSHG-10 型电液换向阀

表 22.7-172　安装底板　　（mm）

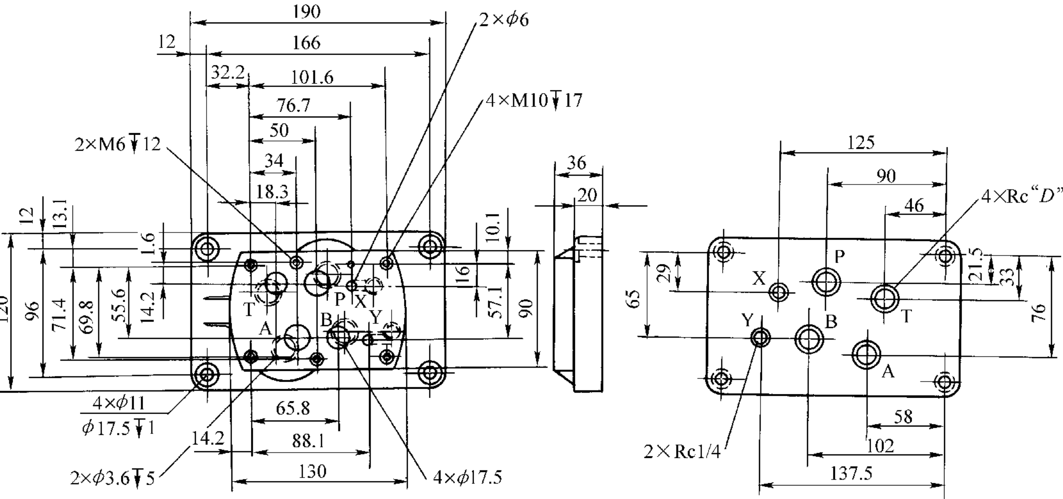
通径 10



底板型号

DHGM—03Y

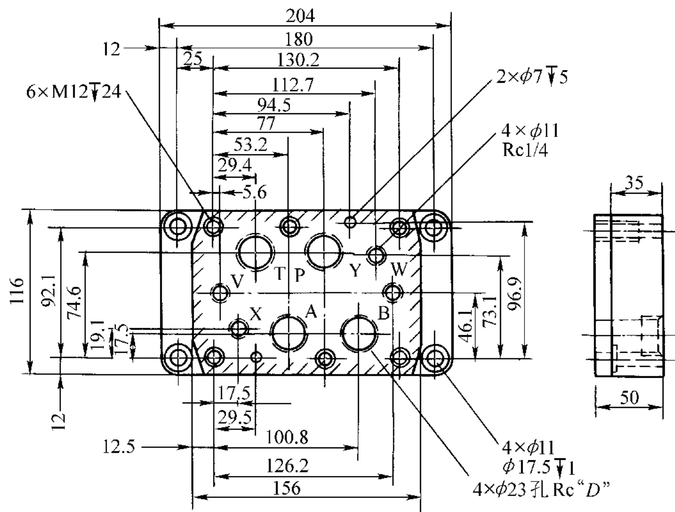
通径 16



底板型号	*D*
DHGM-04	Rc1/2
DHGM-04X	Rc3/4

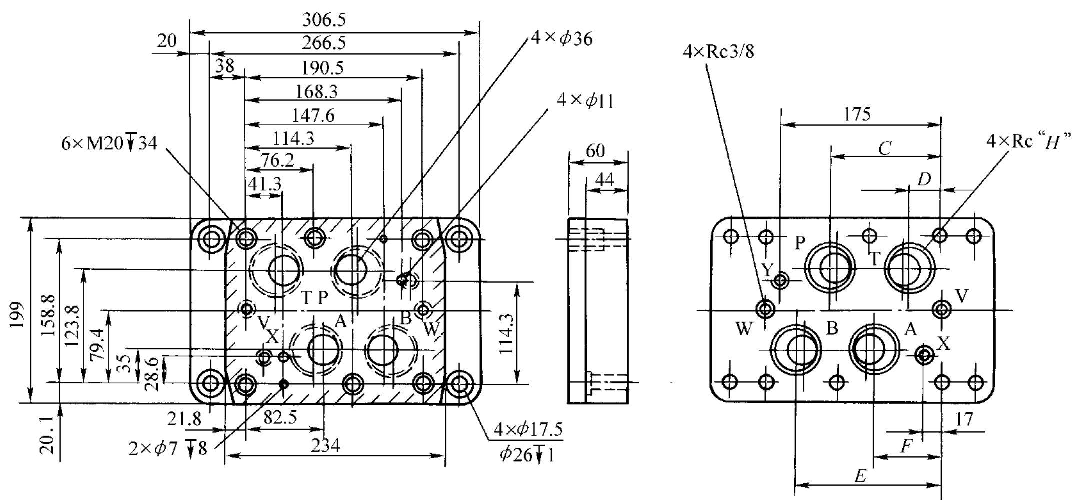
（续）

通径20



底板型号	D
DHGM-06	Rc3/4
DHGM-06X	Rc1

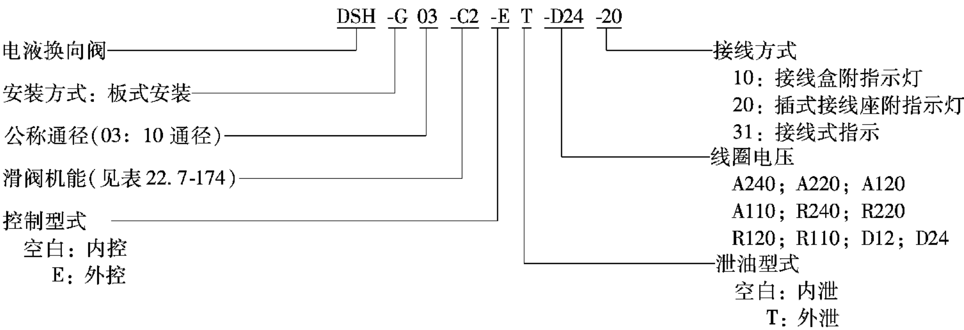
通径30



底板型号	C	D	E	F	H
DHGM-10	114	41	147.5	82.5	Rc11/4″
DHGM-10X	118	36	156.5	74.5	Rc11/2″

4.3.3　DSH 型电液换向阀

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.7-173)

表 22.7-173　技术规格

型　号	最大流量 /L·min^{-1}	最高工作压力 /MPa	最高控制压力 /MPa	最低控制压力 /MPa	最大允许背压/MPa	
					外泄	内泄
DSH-G03-**	160	25	25	0.7	16	16

注：最大流量指阀正常换向时的极限流量，最大流量随滑阀机能和工作条件而异，详见表 22.7-174。滑阀型式为 C3、C5、C6、C60 的需使用外控压力。

（3）滑阀机能(见表 22.7-174)

表 22.7-174　滑阀机能

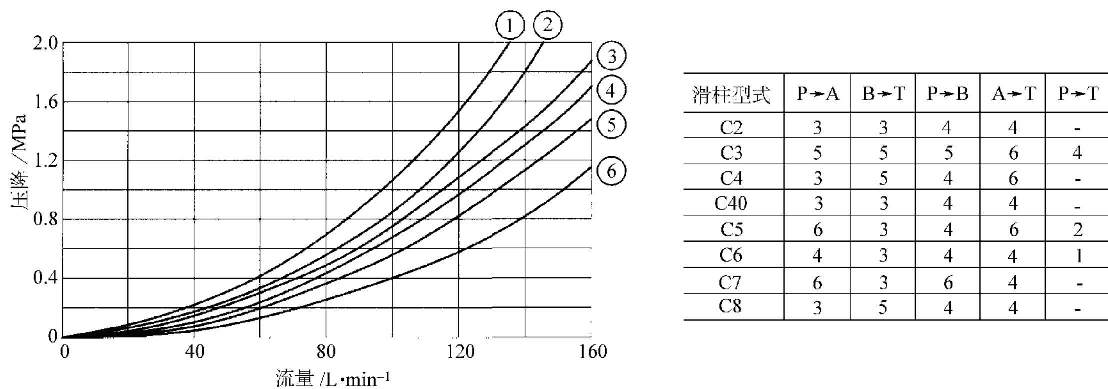
滑阀型式（弹簧对中）	最大流量/L·min^{-1} 额定工作压力/MPa 7	14	25
C2	160	85	60
		160	95
C3	160	160	160
C4	160	85	60
		160	95
C40	160	85	60
		160	95
C5	160	85	60
		160	95
C7	160	85	60
		160	95
C8S	160	85	60
		160	95
C9	160	85	60
		160	95

滑阀型式（弹簧复位）	最大流量/L·min^{-1} 额定工作压力/MPa 7	14	25
B2	160	160	85
			160
B3	160	160	85
			160
B4	160	160	85
			160

滑阀型式（无弹簧）	最大流量/L·min^{-1} 额定工作压力/MPa 7	14	25
N2	160	160	85
			160
N3	160	160	85
			160

注：1. 表中所示的流量值为控制压力 >0.7MPa 时的值。
2. 双列中的数值，上行表示的是控制压力为 0.7MPa 的最大流量，下行是控制压力为 25MPa 时的最大流量。
3. 滑柱机能表的最大流量是在 P→A→B→T(或 P→B→A→T)时的值。

（4）特性曲线及控制方式(见图 22. 7-98,表 22. 7-175)



滑柱型式	P→A	B→T	P→B	A→T	P→T
C2	3	3	4	4	-
C3	5	5	5	6	4
C4	3	5	4	6	-
C40	3	3	4	4	-
C5	6	3	4	6	2
C6	4	3	4	4	1
C7	6	3	6	4	-
C8	3	5	4	4	-

图 22. 7-98　压力降-流量特性曲线

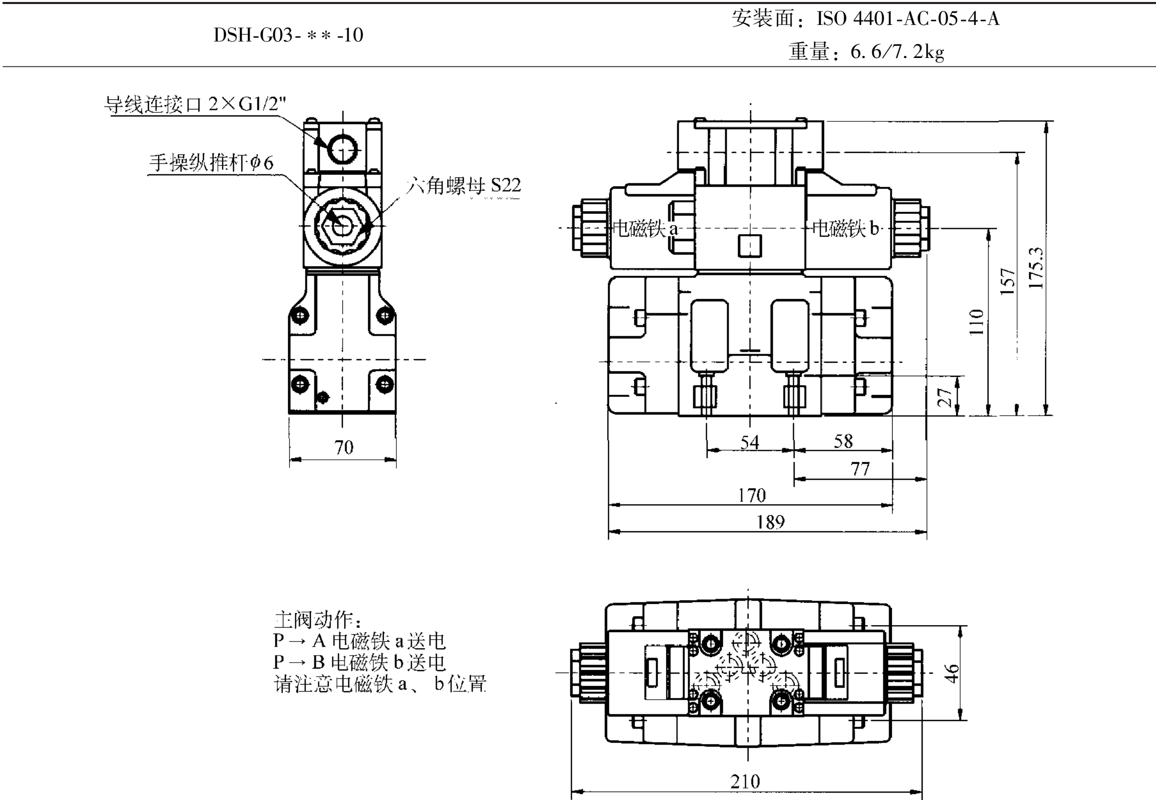
表 22. 7-175　油液控制方式说明

油液控制方式	型　　号	使 用 说 明
内控内泄	DSH-G03-＊＊-＊＊	组合无效(滑阀型式:C3、C5、C6、C60)
内控外泄	DSH-G03-＊＊-T-＊＊	保持回油路压力，使控制压力和背压的压差值始大于所需最低控制压力
外控内泄	DSH-G03-＊＊-E-＊＊	使用无限制
外控外泄	DSH-G03-＊＊ET-＊＊	使用无限制

（5）外形尺寸(见表 22. 7-176)

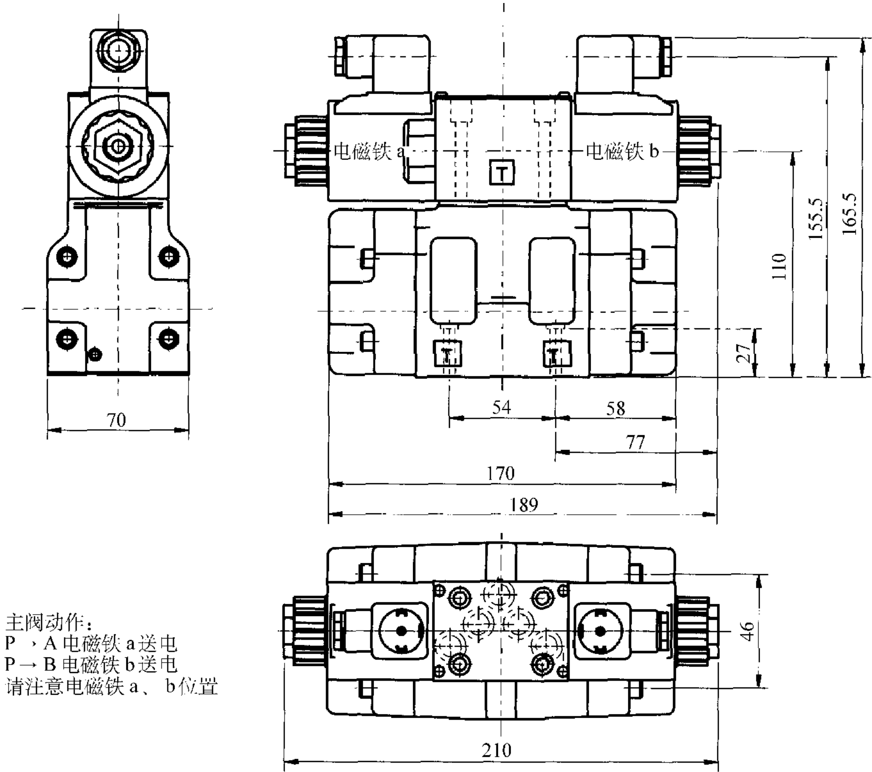
表 22. 7-176　外形尺寸

DSH-G03-＊＊-10	安装面：ISO 4401-AC-05-4-A 重量：6. 6/7. 2kg



（续）

DSH-G03-＊＊-20	安装面：ISO 4401-AC-05- 重量：6.6/7.2kg



（6）安装附件（见表22.7-177）

（7）安装阀板尺寸（见图22.7-99）

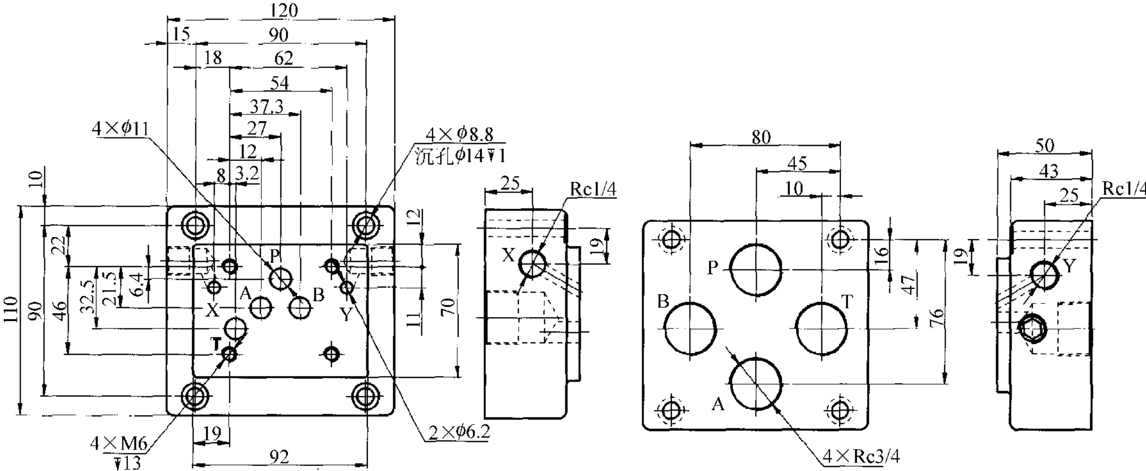


图22.7-99 DSHM·G03 阀板外形尺寸

表 22.7-177　安装附件

型　　号	数　　量	安装螺钉(内六角螺钉)	安装螺钉固定力矩/N·m
DSH-G03-**	4	M6×35L	12~15

4.4　手动换向阀

4.4.1　WMM 型手动换向阀

（1）结构原理

手动换向阀是利用手动杠杆来操纵的方向控制阀。该阀根据定位方式的不同，有弹簧复位式和钢球定位式两种结构。

图 22.7-100 是 WMM 型弹簧复位式手动换向阀的结构原理图。该阀是三位四通的，当操纵手柄 2 的外力取消后，复位弹簧 4 把阀芯 3 推回到中位，故又称弹簧对中式。对二位四通弹簧复位式手动换向阀，当操纵手柄的外力取消后，复位弹簧把阀芯推回到初始位置。

钢球定位式是当操纵手柄的外力取消后，阀芯依靠钢球定位保持在换向位置。

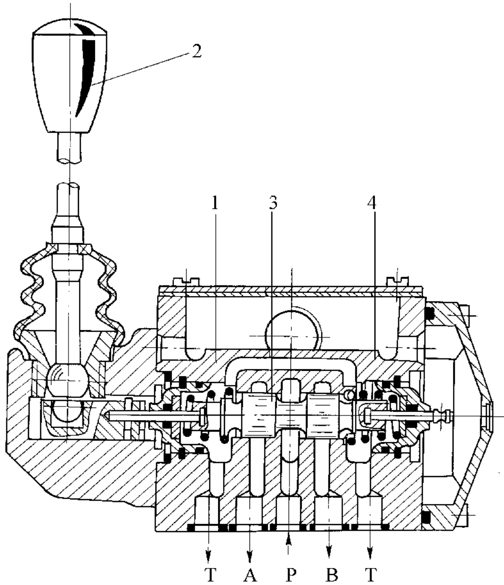


图 22.7-100　WMM 型弹簧复位式手动换向阀结构原理图
1—阀体　2—手柄　3—阀芯　4—复位弹簧

（2）型号说明

□WMM □ □ □ / □ □ □ □

- 通数：3—通；4—四通
- 手动换向阀
- 通径(mm)：6、10、16
- 滑阀机能
- 设计号：50—50 系列(50~59 系列尺寸与结构不变)，适用 NG610—10 系列(10~19 系列尺寸与结构不变)，适用 NG10
- 复位型式：无标记—弹簧复位；F—带定位装置
- 缓冲阻尼器：无标记—无插装节流孔；B08—节流孔 $\phi0.8$mm；B10—节流孔 $\phi1.0$mm；B12—节流孔 $\phi1.2$mm
- 介质：无标记—HLP 矿物质液压油；V—磷酸酯液
- 其他说明

滑阀机能见图 22.7-101。

（3）技术规格及特性曲线(见表 22.7-178、表 22.7-179)

表 22.7-178　技术规格

<table>
<tr><td colspan="2">通径/mm</td><td>6</td><td>10</td><td>16</td><td colspan="3">介质温度/℃</td><td colspan="2">-30~70</td></tr>
<tr><td rowspan="2">最高工作压力/MPa</td><td>油口 A、B、P</td><td>31.5</td><td>31.5</td><td>35</td><td colspan="2">介质粘度/mm²·s⁻¹</td><td colspan="3">2.8~380</td></tr>
<tr><td>油口 T</td><td>16</td><td>15</td><td>25</td><td rowspan="2">操纵力/N</td><td>带定位装置</td><td>16~23</td><td colspan="2">无回油压力　约 20</td></tr>
<tr><td colspan="2">流量/L·min⁻¹</td><td>60</td><td>100</td><td>300</td><td>带复位弹簧</td><td>20~27</td><td colspan="2">有回油压力(16MPa)　约 30</td></tr>
<tr><td colspan="2">介质</td><td colspan="3">HLP-矿物液压油，磷酸酯液</td><td colspan="2">重量/kg</td><td>1.4</td><td>4</td><td>8</td></tr>
</table>

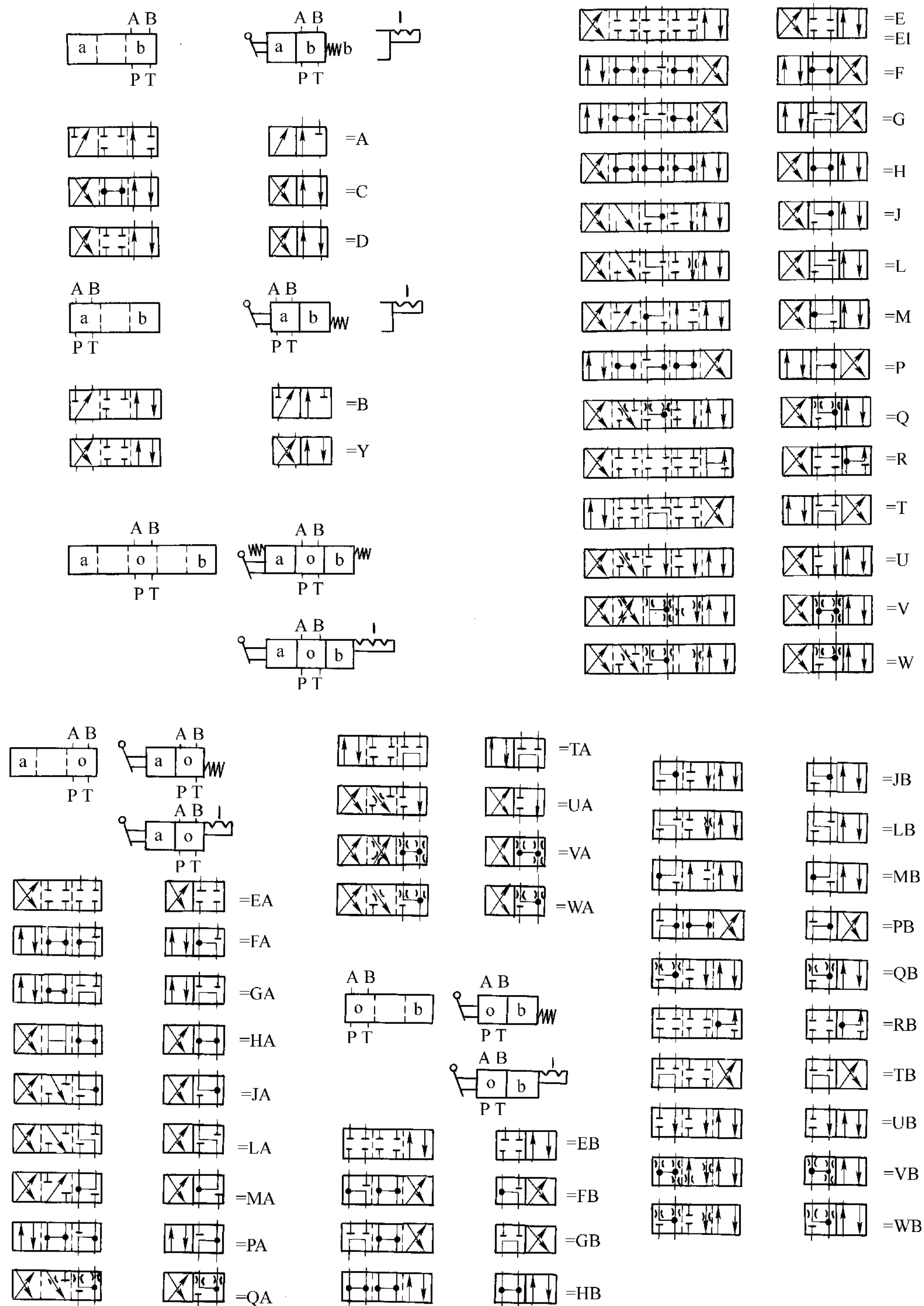


图 22.7-101　滑阀机能

表 22.7-179　特性曲线规格

WMM-带定位器		WMM-弹簧复位
滑阀机能对应曲线号		滑阀机能对应曲线号
1　E1　M　H　C　D　Y	6　V	1　E　E1　M　J　L　Q　U　W　C　D　Y　G　H　R
2　E　J　Q　L　U　W	7　P	2　A　B
3　A　B	8　R	3　V
4　G	9　T	4　F　P
5　F		5　T

（4）外形尺寸(见表 22.7-180)

表 22.7-180　外形尺寸

WMM6型

阀型号	底板型号	连接螺纹	
WMM6*	G341/01	G1/4	尺寸见WE6 底板
	G342/01	G3/8	
	G502/01	G1/2	

（续）

WMM10型

阀型号	底板型号	连接螺纹	尺寸见
WMM10*	G66/01	G3/8	WE10底板
	G67/01	G1/2	

WMM16型

阀型号	底板型号	连接螺纹	尺寸见
WMM16*	G534/01	G3/4	WEH16底板

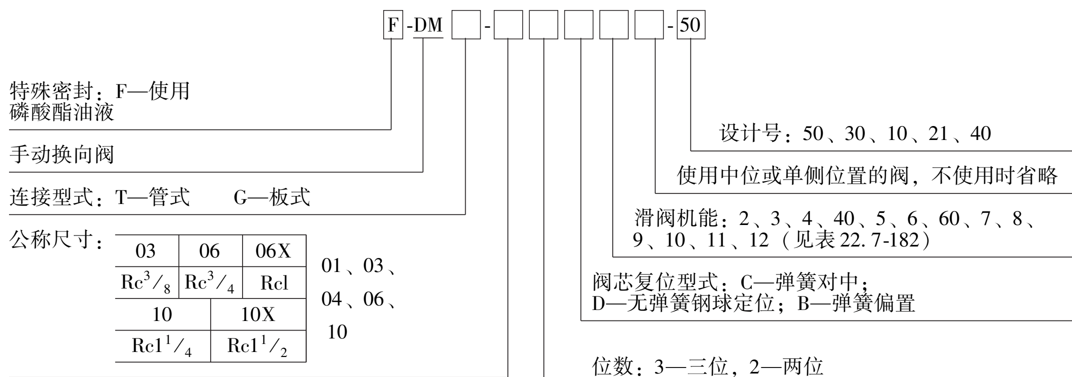
说明

1—切换位置a 2—切换位置b 3—切换位置0、a、b（二位阀上a和b） 4—标牌 5—连接面 6—用于A、B、P、T口的O形圈9.25×1.78（WMM6型）、12×2（WMM10型 7—用控制块时，可用作辅助回油口

与阀连接表面的表面粗糙度和精度要求 0.01/100 0.8

4.4.2　DM 型手动换向阀

（1）型号说明



（2）技术规格（见表 22.7-181 ~ 表 22.7-183）

表 22.7-181　技术规格

型号		最大流量/L·min⁻¹ 7MPa	14MPa	21MPa	31.5MPa	最高使用压力/MPa	允许背压/MPa	重量/kg
管式连接	DMT-03-3C＊-50	100①	100①	100①	—	25	16	5.0
	DMT-03-3D＊-50	100	100	100	—			
	DMT-03-2D＊-50	100	100	100	—			
	DMT-03-2B＊-50	100①	100①	100①	—			
	DMT-06＊-3C＊-30	300(200)②	300(120)②	300(100)②	—	21	滑阀移动时：7 滑阀静止时：21	12.9
	DMT-06＊-3D＊-30	300	300	300	—			
	DMT-06＊-2D＊-30	300	300	300	—			
	DMT-06＊-2B＊-30	200	120	100	—			
	DMT-10＊-3C＊-30	500(315)②	500(315)②	500(315)②	—	21	滑阀移动时：7 滑阀静止时：21	22
	DMT-10＊-3D＊-30	500	500	500	—			
	DMT-10＊-2D＊-30	500	500	500	—			
	DMT-10＊-2B＊-30	315	315	315	—			
板式连接	DMG-01-3C＊-10	35	35	35	—	25	14	1.8
	DMG-01-3D＊-10							
	DMG-01-2D＊-10							
	DMG-01-2B＊-10							
	DMG-03-3C＊-50	100①	100①	100①	—	25	16	4.0
	DMG-03-3D＊-50	100	100	100	—			
	DMG-03-2D＊-50	100	100	100	—			
	DMG-03-2B＊-50	100①	100①	100①	—			
	DMG-04-3C＊-21	200	200	105	—	21	21④	7.4
	DMG-04-3D＊-21	200	200	200	—			
	DMG-04-2D＊-21	200	200	200	—			
	DMG-04-2B＊-21	90	60	50	—			7.9
板式连接	DMG-06-3C＊-50	500	500	500	500	31.5	21④	11.5
	DMG-06-3D＊-50	500	500	500	500			
	DMG-06-2D＊-50	500	500	500	500			
	DMG-06-2B＊-50	420	300	250	200			12
	DMG-10-3C＊-40	1100③	1100③	1100③	1100③	31.5	21④	48.2
	DMG-10-3D＊-40	1100	1100	1100	1100			
	DMG-10-2D＊-40	1100	1100	1100	1100			
	DMG-10-2B＊-40	670	350	260	200			50

① 因滑阀型式不同而异，详细内容请参照 DSG-01/03 系列电磁换向阀标准型号表(50Hz 额定电压时)。

② (　)内的值表示 3C3、3C5、3C6、3C60 的最大流量。

③ 因滑阀型式不同而异。与 DSHG-10(先导压力为 1.5MPa)相同。

④ 回油背压超过 7MPa 时，泄油口直接和油箱连接。

注：最大流量指阀切换无异常的界限流量。

表 22.7-182　滑阀机能

滑阀型号		DMG-01			DMT-03 DMG-03			DMT-06* DMG-10*		DMG-04 DMG-06 DMG-10	
		3C 3D	2D	2B	3C 3D	2D	2B	3C 3D	2D 2B	3C 3D	2D 2B
2		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3		○	○	○	○	—	○	○	○	○	○
4		○	—	—	○	—	—	○	○	○	○
44		○	—	—	○	—	—	○	○	○	○
5		○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	○	—	○	—
6		—	—	—	—	—	—	—	—	○	—
		—	—	—	—	—	—	○	—	—	—
60		○	—	—	○	—	—	—	—	○	—
		—	—	—	—	—	—	○	—	—	—
7		○	○	—	—	—	—	○	○	○	○
8		○	○	—	—	—	○	○	○	—	—
9		○	—	—	○	—	—	○	—	○	—
10		○	—	—	○	—	—	○	—	○	—
11		○	—	—	—	—	—	○	—	○	—
12		○	—	—	○	—	—	○	—	○	—

注：1.

位置 3#

位置 2#

位置 1#（DM^{T}_{G}–01/03－2B*，DM^{T}_{G}–03－2D*的场合，1# 变为 2#）

2. "○"标记表示相应阀具有的滑阀机能。

表 22.7-183　使用中间位置（2#）与单侧位置（1#或 3#）的阀

除通常的两位式阀（2D※，2B※），也提供使用中间位置（2#）与位置 1#或位置 3#的两种两位式阀。

（2B※A，2D※A）（2B※B，2D※B）下表带○符号的表示尺寸规格具有两位滑阀型式。

阀型式		液压符号	规　格		
弹簧偏置	钢球定位	A B / P T	* DMT-03 DMG-03	DMT-06 * DMT-10 *	DMG-04 DMG-06 DMG-10
2B2A	2D2A		○	○	○
2B3A	2D3A		○	○	○
2B4A	2D4A		—	○	○

阀型式		液压符号	规　格			
弹簧偏置	钢球定位	A B / P T	DMG-01	* DMT-03 DMG-03	DMT-06 * DMT-10 *	DMG-04 DMG-06 DMG-10
2B2B	2D2B		○	○	○	○
2B3B	2D3B		○	○	○	○
2B4B	2D4B		○	○	○	○

（续）

阀型式		液压符号	规　格		
弹簧偏置	钢球定位	A B / P T	* DMT-03 DMG-03	DMT-06 * DMT-10 *	DMG-04 DMG-06 DMG-10
2B40A	2D40A		—	○	○
—	—		—	—	—
2B5A	2D5A		—	○	○
2B6A	2D6A		—	—	○
			—	○	—
2B60A	2D60A		—	—	○
			—	○	—
2B7A	2D7A		—	○	○
2B8A	2D8A		—	○	—
2B9A	2D9A		—	○	○
2B10A	2D10A		—	○	○
2B11A	2D11A		—	○	○
2B12A	2D12A		—	○	○

★位置 1#
★位置 2#

阀型式		液压符号	规　格			
弹簧偏置	钢球定位	A B / P T	DMG-01	* DMT-03 DMG-03	DMT-06 * DMT-10 *	DMG-04 DMG-06 DMG-10
2B40B	2D40B		○	—	○	○
2B5B	2D5B		○	—	—	—
			—	—	○	○
2B6B	2D6B		—	—	—	○
			—	—	○	—
2B60B	2D60B		○	○	—	○
			—	—	○	—
2B7B	2D7B		○	—	○	○
2B8B	2D8B		○	—	○	—
2B9B	2D9B		○	—	○	○
2B10B	2D10B		○	○	○	○
2B11B	2D11B		○	—	○	○
2B12B	2D12B		○	○	○	○

★位置 2#
★位置 3#

注：钢球定位的阀均无 * 标记规格。

（3）外形尺寸（见图 22.7-102～图 22.7-107，表 22.7-184、表 22.7-185）

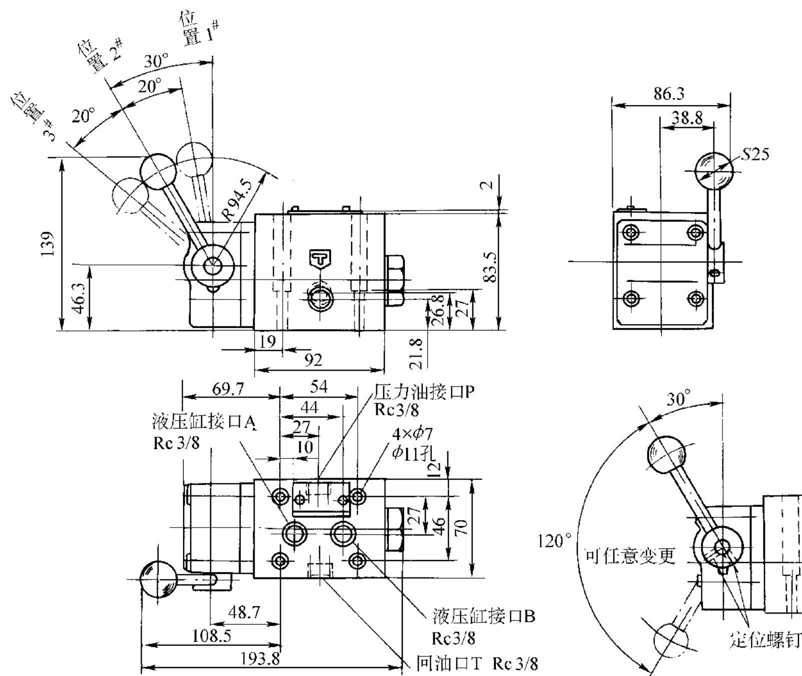
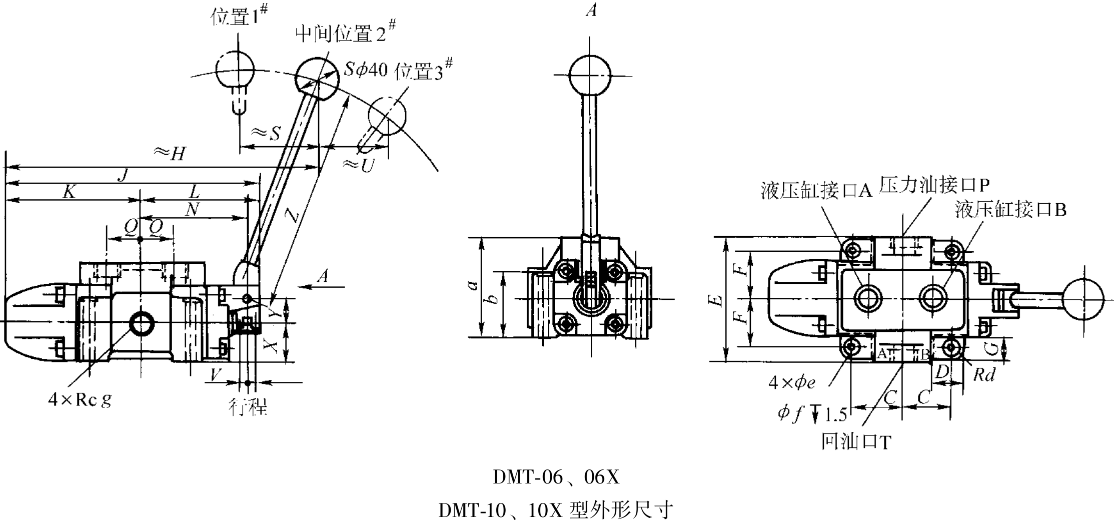


图 22.7-102　DMT-03 外形尺寸

表 22.7-184 外形尺寸

（mm）

型号	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	Q	S	U	V	X	Y	Z	a	b	d	e	f	g
DMT-06	50	30	126	47.5	24	320	255	137	118	107	33.5	86	76	9	40	25	250	100	65	12	11	17.5	Rc $^3/_4$
DMT-06X																							Rc1
DMT-10	66	40	160	62.5	33	402	320	173	147	135	40	102	90	12.5	50	35	300	120	80	15	13.5	21	Rc$1^1/_4$
DMT-10X																							Rc$1^1/_2$



DMT-06、06X
DMT-10、10X 型外形尺寸

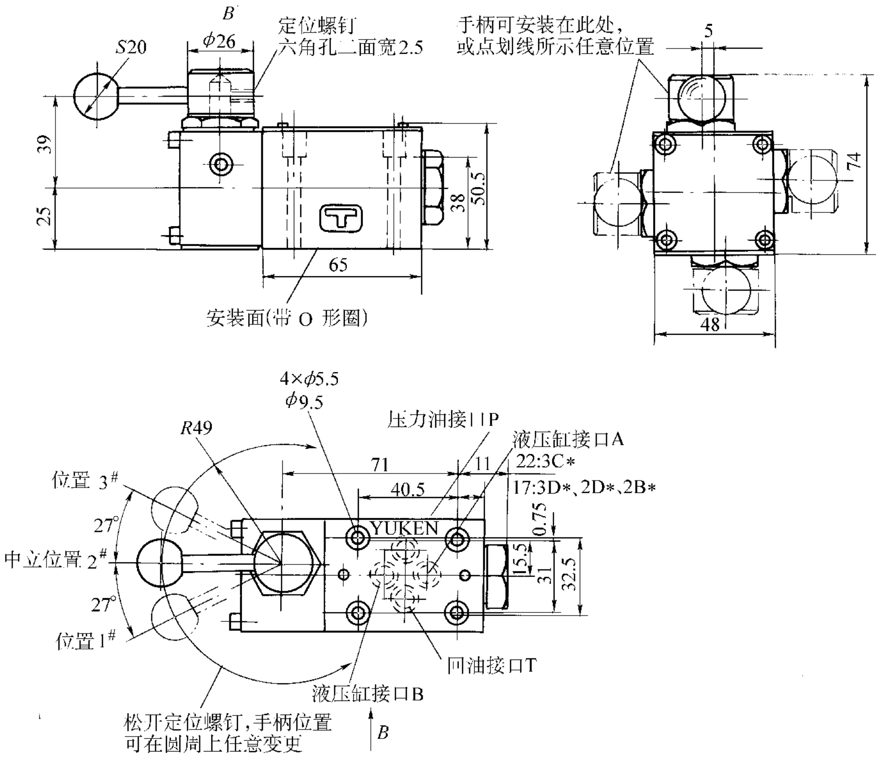


图 22.7-103 DMG-01 外形尺寸

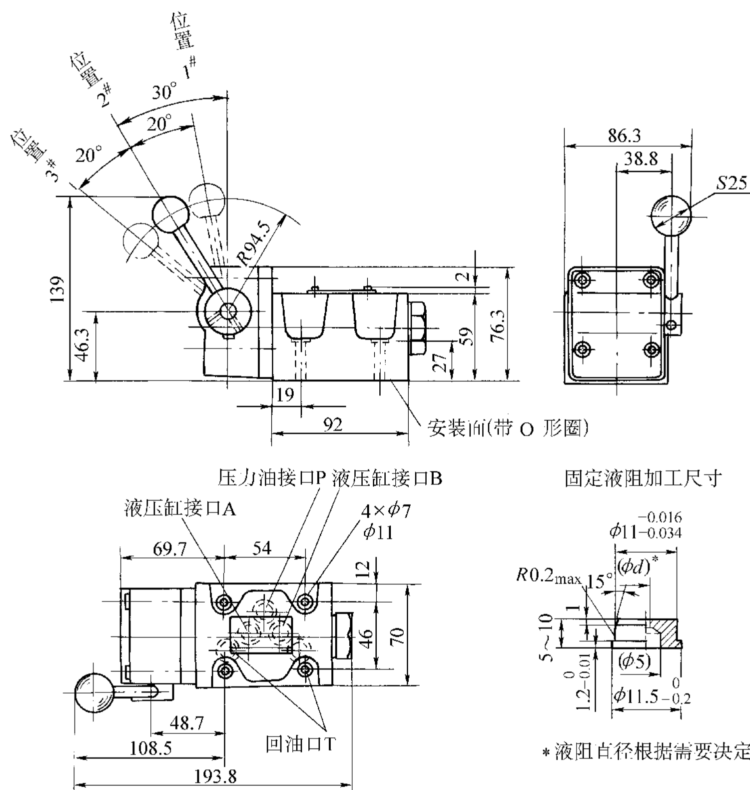


图 22.7-104　DMG-03 外形尺寸

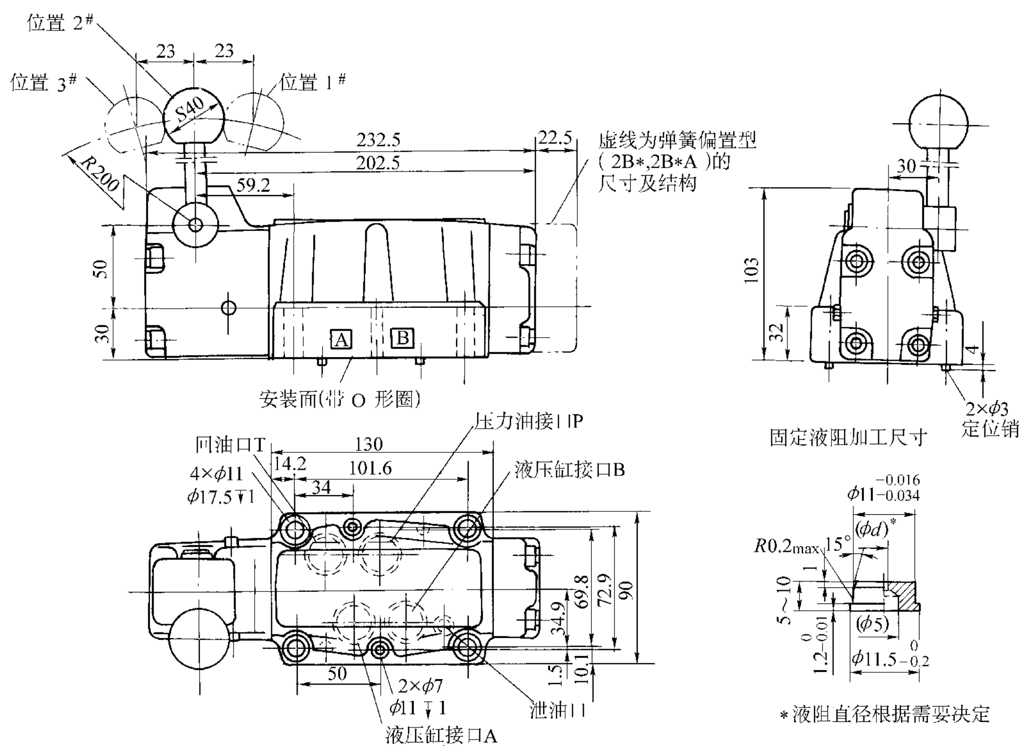
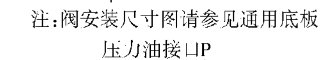


图 22.7-105　DMG-04 外形尺寸



图22.7-106　DMG-06外形尺寸



注:阀安装尺寸图请参见通用底板



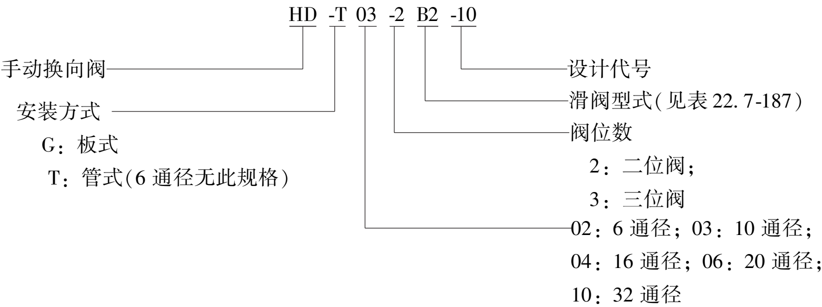
图22.7-107　DMG-10外形尺寸

表 22.7-185　底板参数

阀型号	底板型号	连接螺纹	重量/kg	阀型号	底板型号	连接螺纹	重量/kg
DMG-01	DSGM-01-30	Rc $^1/_8$	0.8	DMG-04	DHGM-04-20	Rc $^1/_2$	4.4
	DSGM-01X-30	Rc $^1/_4$			DHGM-04X-20	Rc $^3/_4$	4.1
	DSGM-01Y-30	Rc $^3/_8$		DMG-06	DHGM-06-50	Rc $^3/_4$	
DMG-03	DSGM-03-40	Rc $^3/_8$	3		DHGM-06X-50	Rc1	7.5
	DSGM-03X-40	Rc $^1/_2$		DMG-10	DHGM-10-40	Rc1$^1/_4$	
	DSGM-03Y-40	Rc $^3/_4$	4.7		DHGM-10X-40	Rc1$^1/_2$	21.5

4.4.3　HD 型手动换向阀

(1) 型号说明



(2) 技术规格(见表 22.7-186、187)

表 22.7-186　技术规格

型　号	最大流量/L·min^{-1}	最高工作压力/MPa	最大允许背压/MPa	重量/kg
HD-G02-＊＊-10	40	21	16	1.5
HD-G03-＊＊-10	100			4.0
HD-G04-＊＊-10	300			7.5
HD-G06-＊＊-10	500			11.8
HD-G10-＊＊-10	1100			49.5
HD-T03-＊＊-10	100			4.0
HD-T04-＊＊-10	200			7.0
HD-T06-＊＊-10	300			12.0

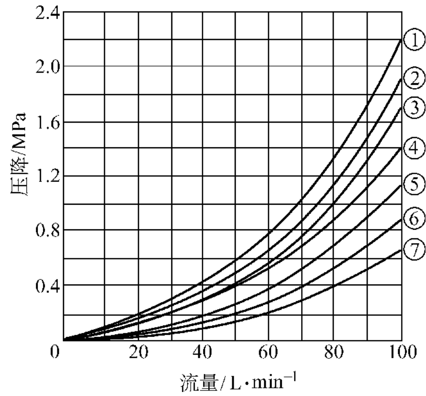
表 22.7-187　滑阀型式

型　式	三位(弹簧对中)	型　式	三位(弹簧对中)	型　式	三位(机械定位)	型　式	二位(弹簧复位)
C2		C6		D6		B3	
C3		C60		型　式	二位(机械定位)	B20	
C4		型　式	三位(机械定位)	D2		B2S	
C40		D2		D3		B3S	
C5		D3		型　式	二位(弹簧复位)	B20S	
		D4		B2			

(3) 压力-流量特性曲线(见表 22.7-188)

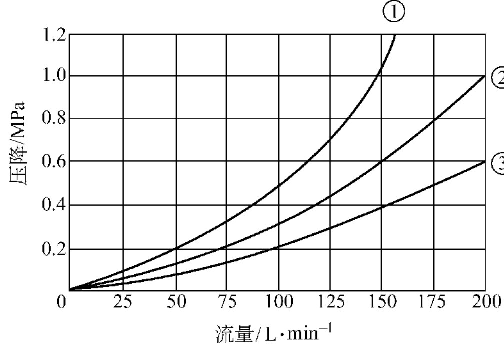
表 22.7-188　特性曲线

HD-T03-**-**



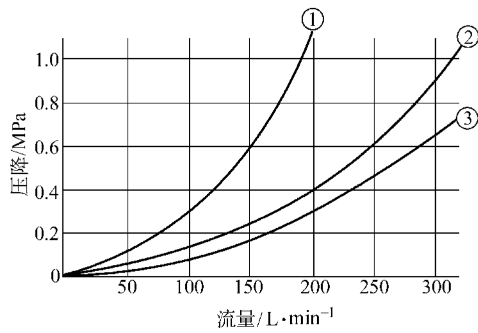
滑阀型式	压降曲线号				
	P→A	B→T	P→B	A→T	P→T
C2	4	5	4	5	—
C3	6	6	6	6	6
C4	4	7	4	7	—
C40	4	5	4	5	—
C5	6	5	4	6	2
C6	5	5	5	5	1
C60	5	5	5	5	1

HD-T04-**-**



滑阀型式	压降曲线号				
	P→A	B→T	P→B	A→T	P→T
C2	3	2	3	2	—
C3	3	2	3	2	2
C4	2	3	2	3	—
C40	2	2	2	2	—
C5	3	2	3	2	—
C6	3	2	3	2	1
C60	3	2	3	2	1

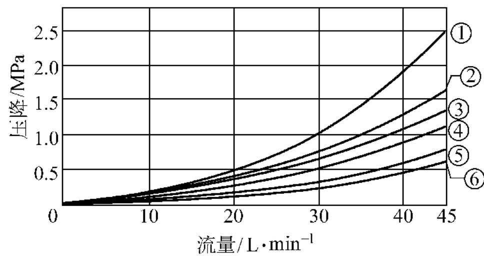
HD-T06-**-**



滑阀型式	压降曲线号				
	P→A	B→T	P→B	A→T	P→T
C2	2	2	2	2	—
C3	2	2	2	2	2
C4	2	2	2	2	—
C40	2	2	2	2	—
C5	3	2	2	2	—
C6	3	2	3	2	1
C60	3	2	3	2	1

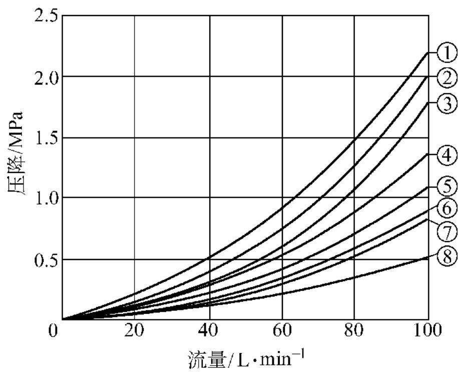
（续）

HD-G02-**-**



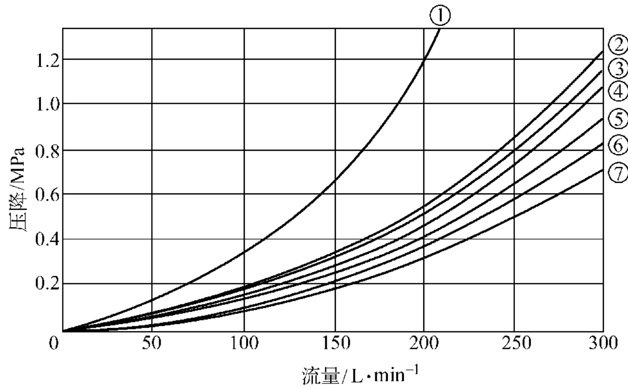
滑阀型式	压降曲线号				
	P→A	B→T	P→B	A→T	P→T
C2	5	5	5	5	—
C3	6	6	6	6	4
C4	5	6	5	6	—
C40	5	5	5	5	—
C5	2	2	2	2	4
C6	2	2	2	2	4
C60	1	1	1	1	3
D2	5	5	5	5	—
D3	5	3	5	3	—
D4	5	6	5	6	—
D6	2	2	2	2	4
B2	5	5	5	5	—
B3	5	6	5	6	—
B20	5	—	5	—	—

HD-G03-**-**



滑阀型式	压降曲线号				
	P→A	B→T	P→B	A→T	P→T
C2	6	6	6	6	—
C3	7	7	7	7	5
C4	6	7	6	7	—
C40	6	7	6	7	—
C5	5	2	2	5	8
C6	2	2	2	2	5
C60	1	1	1	1	4
B2	2	2	6	6	—
B3	3	3	6	6	—
B20	5	—	5	—	—
D2	6	6	6	6	—
D3	7	7	7	7	—
D6	2	2	2	2	5

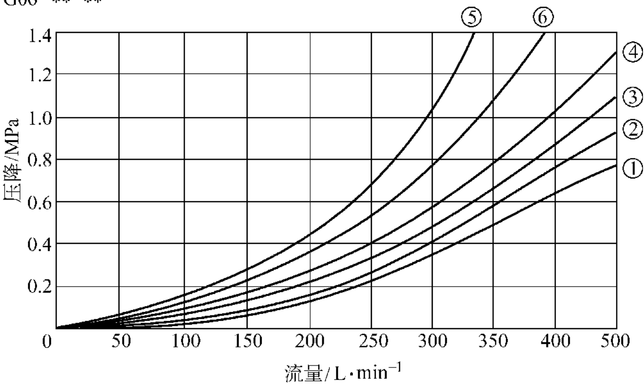
HD-G04-**-**



滑阀型式	压降曲线号				
	P→A	B→T	P→B	A→T	P→T
C2	5	4	5	6	—
C3	5	3	5	5	7
C4	5	3	5	5	—
C40	5	4	5	6	—
C5	7	4	5	5	5
C6	5	3	5	6	1
C60	7	5	7	7	2
C7	5	4	5	6	—
C8	5	4	5	5	—
C9	6	4	5	6	—

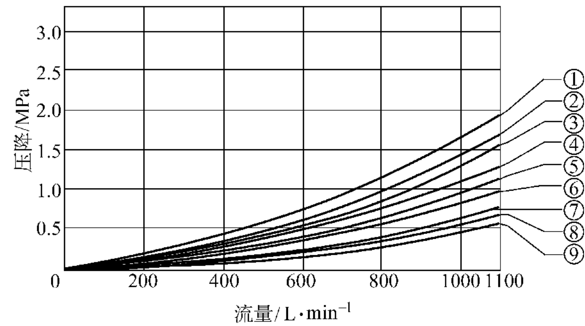
（续）

HD-G06-**-**



滑阀型式	压降曲线号			
	P→A	P→B	A→T	B→T
C2	2	2	1	4
C3	2	2	1	3
C4	2	2	1	3
C40	2	2	1	4
C5	1	2	1	2
C6	2	2	2	4
C7	2	2	1	4

HD-G10-**-**

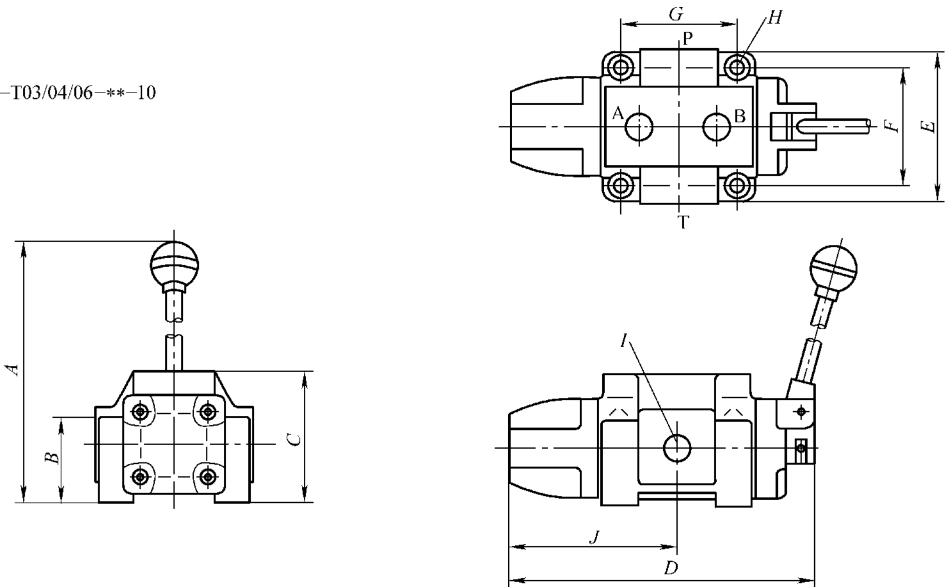


滑阀型式	压降曲线号				
	P→A	B→T	P→B	A→T	P→T
C2	9	6	9	8	—
C3	7	6	7	7	5
C4	9	6	9	6	—
C40	9	6	9	8	—
C5	9	6	8	6	1
C6	5	3	5	4	2
C60	8	5	8	5	3
C7	7	6	7	7	—
C8	7	6	7	7	—
C9	7	6	7	8	—

（4）外形尺寸（见表 22.7-189）

表 22.7-189 外形尺寸 （mm）

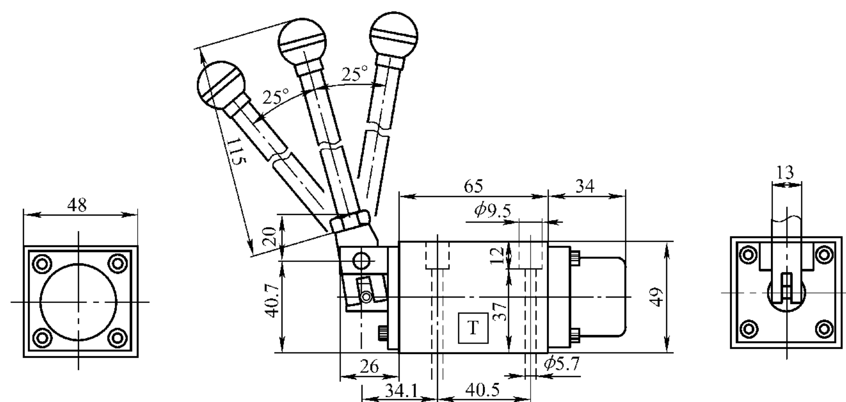
HD-T03/04/06-**-10



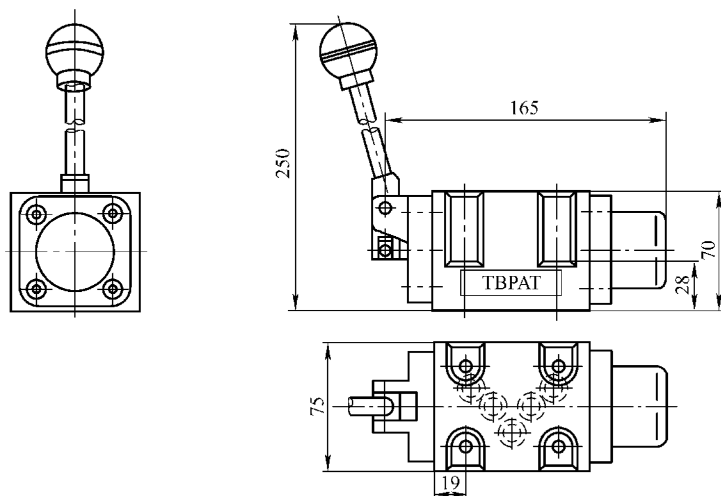
（续）

型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
HD-T03-＊＊-10	250	75	87	178	78	50	56	7	PT3/8″	96
HD-T04-＊＊-10	275	60	92	212	108	82	80	9	PT1/2″	116
HD-T06-＊＊-10	310	67	105	265	130	93	97	11	PT3/4″	140

HD-G02-**-10　　安装面：ISO 4401-AB-03-4-A

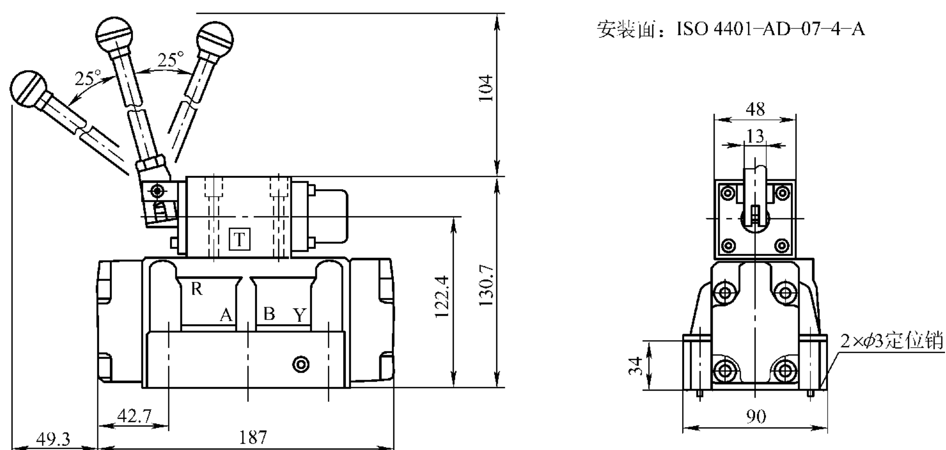


HD-G03-**-10　　安装面：ISO 4401-AC-05-4-A



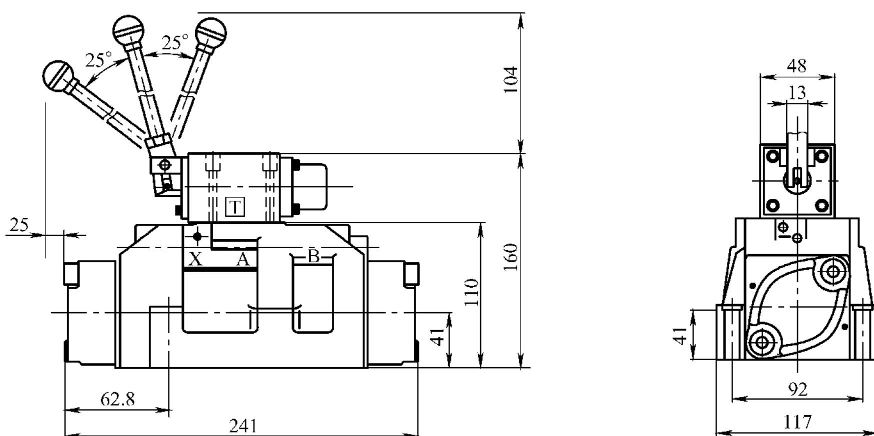
HD-G04-**-10

安装面：ISO 4401-AD-07-4-A

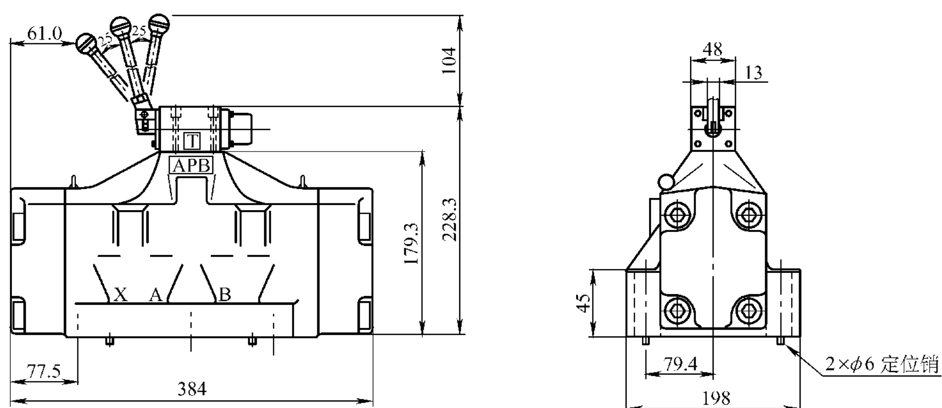


（续）

HD-G06-**-10 安装面：ISO 4401-AE-08-4-A



HD-G10-**-10 安装面：ISO 4401-AF-10-4-A



4.5 机动式换向阀

4.5.1 WM型行程(滚轮)换向阀

行程(滚轮)换向阀是利用滚轮来操纵阀芯换向的方向控制阀。

(1) 结构原理

图22.7-108是该阀的原理图。该阀换向原理与电磁换向阀是相同的，只是它的换向是靠滚轮的移动来控制的。

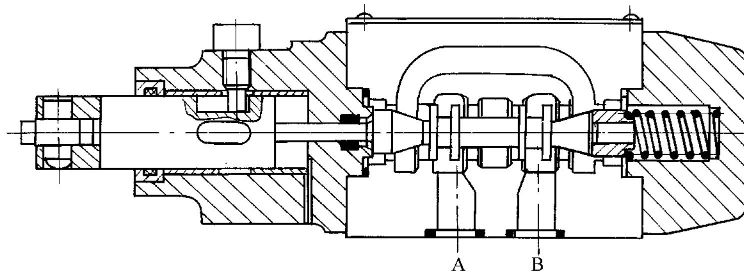
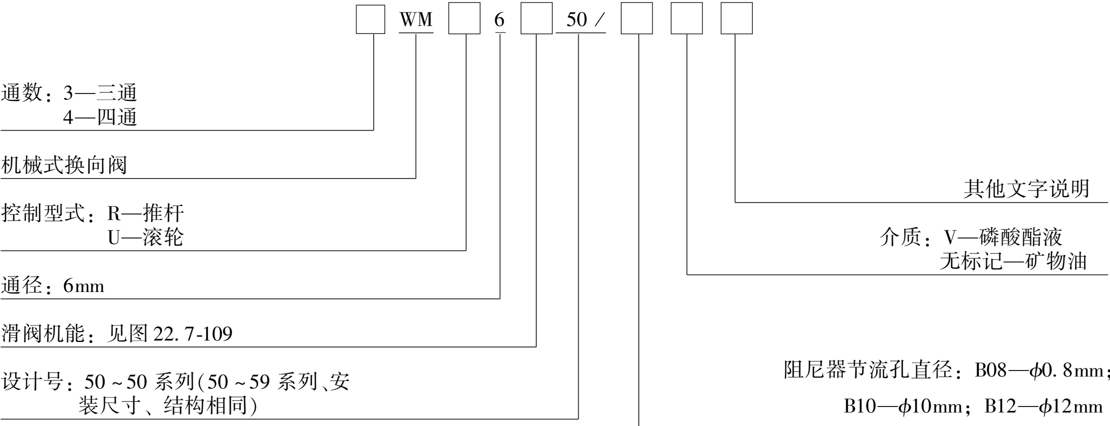


图22.7-108 WMR6＊50/型换向阀工作原理图

（2）型号说明

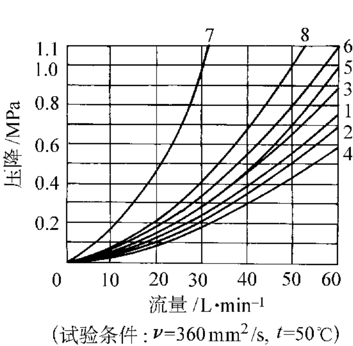


（3）技术规格、特性曲线（见表 22.7-190、表 22.7-191）及滑阀机能（见图 22.7-109）

表 22.7-190　技术规格

工作压力/MPa	油口 A、B、P	31.5	油口 T	6
	对于 A 和 B 型，若工作压力超过最高回油压力，则油口 T 必须用作泄油口			
流量/L·min^{-1}		60	介质	矿物质液压油、磷酸酯液
介质温度/℃		−30～70	介质粘度/mm^2·s^{-1}	2.8～380
重量/kg		阀约 1.4，底板 G341 约 0.7，G342 约 1.2，G502 约 1.9		
工作压力（油口 A、B、P）/MPa		10	20	31.5
滚轮、推杆上的操纵力/N	无回油压力	约 100	约 112	约 121
	有回油压力	约 184	约 196	约 205
	p_T = 6MPa（max）	= 回油压力 × 1.4N		

表 22.7-191　特性曲线



（试验条件：ν=360mm^2/s，t=50℃）

阀芯型式	P→A	P→B	A→T	B→T	阀芯型式	P→A	P→B	A→T	B→T
A	3	3	—	—	M	2	4	3	3
B	3	3	—	—	P	2	3	3	5
C	1	1	3	1	O	1	1	2	1
D	5	5	3	3	R	5	5	4	
E	3	3	1	1	T	5	3	6	6
F	2	3	3	5	U	3	1	3	3
G	5	3	6	6	V	1	2	1	1
H	2	4	2	2	W	1	1	2	2
J	1	1	2	1	Y	5	5	3	3
L	1	1	2	2					

7 阀芯型式"R"，切换位置 B—A

8 阀芯型式"G"，切换位置 P—T

（4）外形尺寸（见图 22.7-110）

4.5.2　DC 型凸轮操作换向阀

（1）型号说明

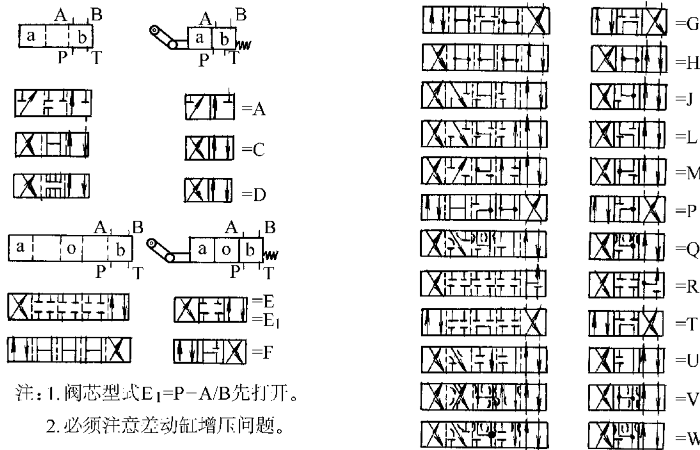
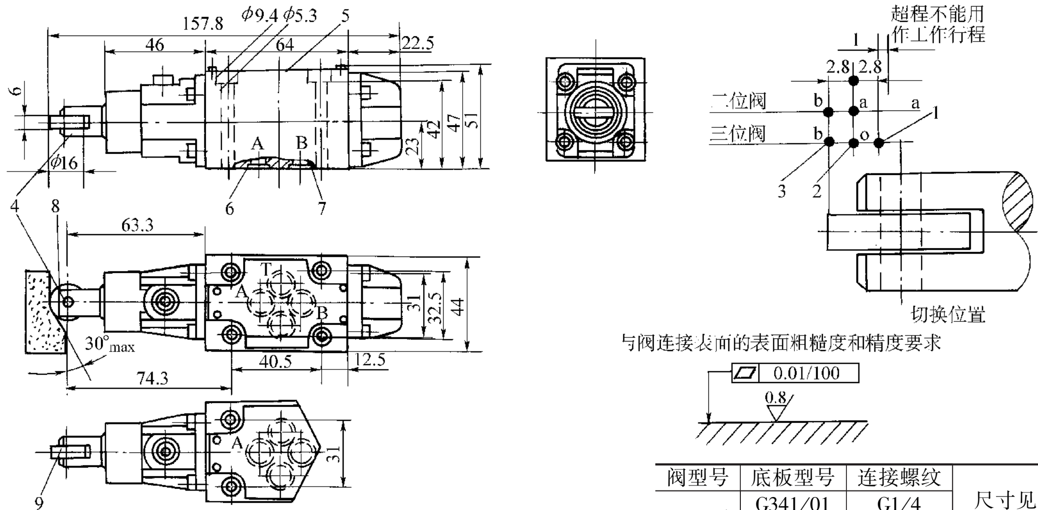


图 22. 7-109　滑阀机能



阀型号	底板型号	连接螺纹	
WMU6*	G341/01	G1/4	尺寸见 WE6 底板
	G342/01	G3/8	
UMR6*	G502/01	G1/2	

图 22. 7-110　外形尺寸

1—切换位置 a　2—切换位置 0 和 a(a 属于二位阀)　3—切换位置 b　4—液轮推杆能转 90°　5—标牌　6—连接面　7—用于 A、B、P、T 口的 O 形圈 9. 25 × 1. 78　8—WMR 型订货型号为“R”　9—WMU 型订货型号为“U”

F - DC - T - 01 - 2 - B - 2 - R - 40

F：特殊密封（仅在使用磷酸酯工作液时标注）

系列号：DC—凸轮操作换向阀

连接型式：T—管式连接
G—板式连接

公称尺寸：01、03

位置数：2

设计号：40、50

凸轮位置：无符号(标准)

R

Y(仅 DC※-01 标注)

滑阀型式：2、3、8

滑阀弹簧型式：B—弹簧位置

（2）技术规格及特性曲线（见表 22.7-192 ~ 194）

表 22.7-192　技术规格

型　　号	重量/kg	最大流量/L·min⁻¹	最高工作压力/MPa	最大允许背压/MPa
DCT / DCG -01-2B*-40	1.1	30	2.1	0.7
DCT / DCG -03-2B*-50	4.5（管式） 3.8（板式）	100	2.5	1

表 22.7-193　特性曲线

型号	压力下降曲线号 P→A	B→T	P→B	A→T
DCT-01-2B2	1	1	2	1
DCT-01-2B3				
DCT-01-2B8	2	—	2	—
DCG-01-2B2	2	2	3	3
DCG-01-2B3				
DCG-01-2B8	3	—	3	—

表 22.7-194　凸轮位置与液流方向

型　　号	液 压 符 号	凸滚轮位置与液流方向：从偏置位置起滚轮的行程/mm（偏置位置 → 切换完了位置）
DCT / DCG -01-2B2	A B / P T	0～3.8：P→B，A→T；3.8～4.6：全口关闭；4.6～9.5：P→A，B→T
DCT / DCG -01-2B3	A B / P T	0～3.8：P→B，A→T；3.8～4.6：全口关闭；4.6～9.5：P→A，B→T
DCT / DCG -01-2B8	A B / P T	0～3.8：P→B，A.T 关闭；3.8～9.5：P→A，A.T 关闭
DCT / DCG -03-2B2	A B / P T	0～3.8：P→A，B→T；3.8～4.1：全口关闭；4.1～7：P→B，A→T
DCT / DCG -03-2B3	A B / P T	0～3.3：P→A，B→T；3.3～4.3：全口关闭；4.3～7：P→B，A→T
DCT / DCG -03-2B8	A B / P T	0～4.0：P→A，B.T 关闭；4.0～4.9：全口关闭；4.9～7：P→B，A.T 关闭

（3）外形尺寸（见图 22.7-111 ~ 114、表 22.7-195）

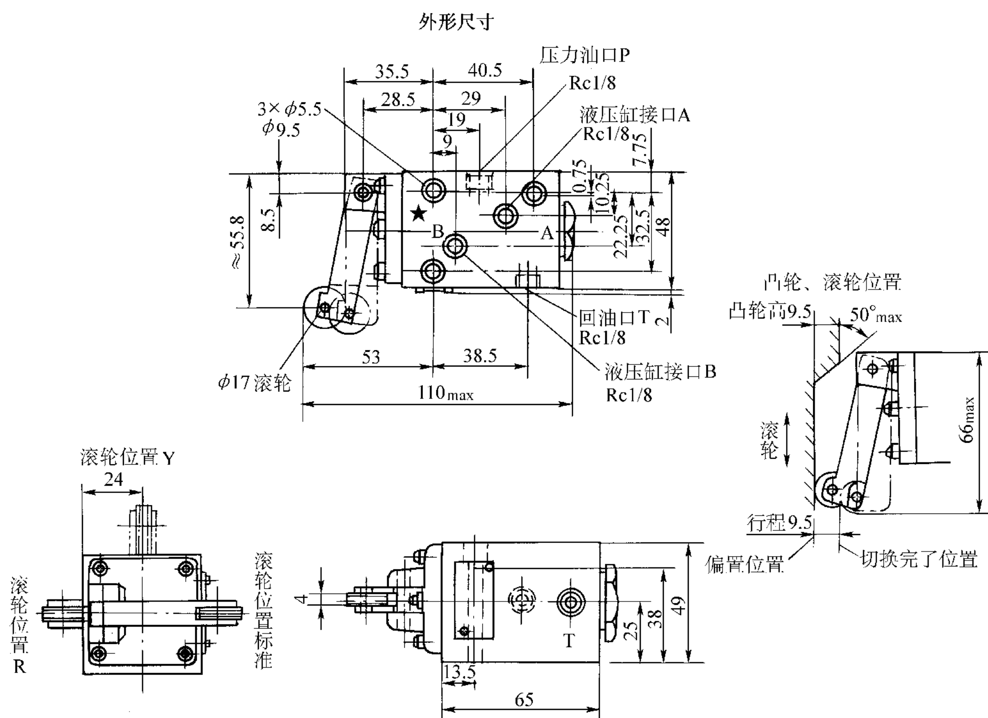


图 22.7-111　DCT-01 外形尺寸图

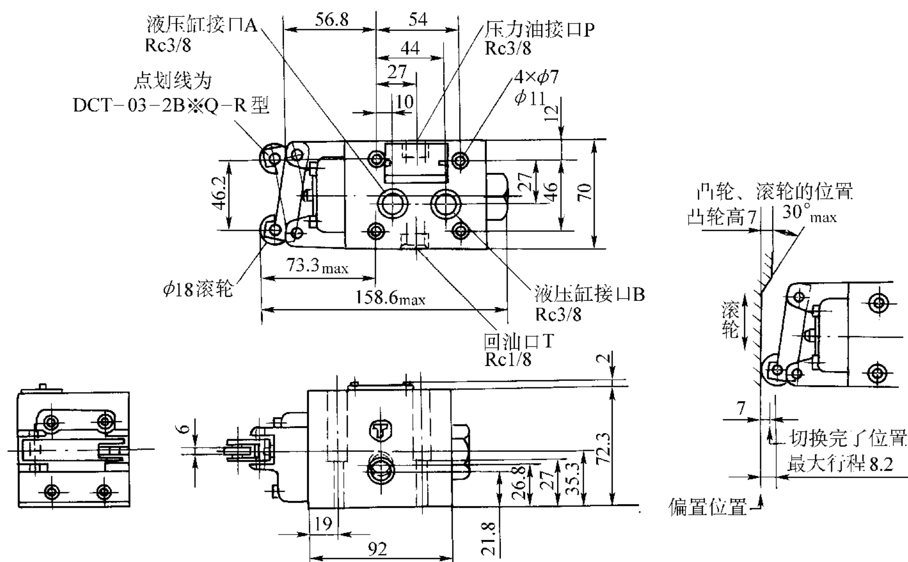


图 22.7-112　DCT-03 外形尺寸图

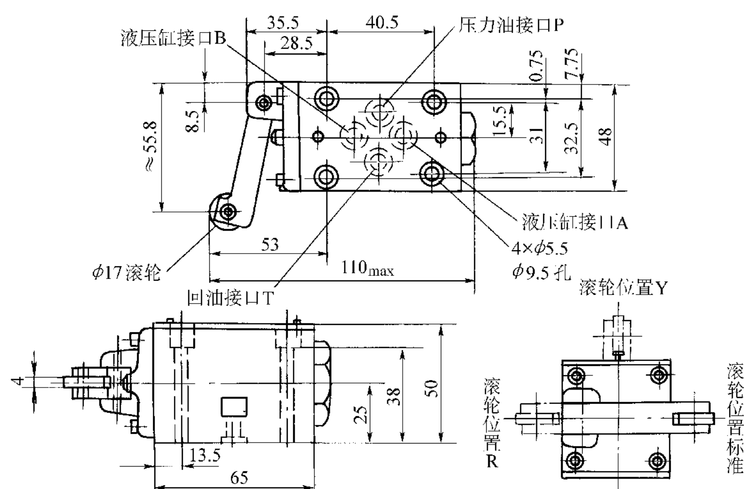


图 22.7-113　DCG-01 外形尺寸图

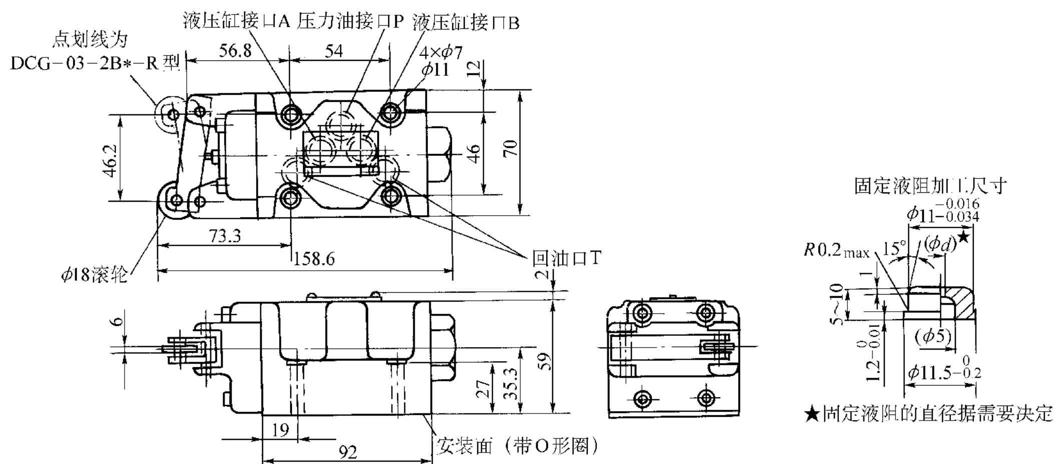


图 22.7-114　DCG-03 外形尺寸图

表 22.7-195　底板型号

阀　型　号	底 板 型 号	连 接 尺 寸	重量/kg	阀　型　号	底 板 型 号	连 接 尺 寸	重量/kg
DCG-01	DSGM-01-30	Rc1/8	0.8	DCG-03	DSGM-03-40	Rc3/8	3
	DSGM-01X-30	Rc1/4			DSGM-03X-40	Rc1/2	3
	DSGM-01Y-30	Rc3/8			DSGM-03Y-40	Rc3/4	4.7

4.6　多路换向阀

4.6.1　ZFS 型多路换向阀

ZFS 型多路换向阀是手动控制换向阀的组合阀，由 2～5 个三位六通手动换向阀、溢流阀、单向阀组成。根据用途不同，阀在中间位置时，主油路有中间全封闭式、压力口封闭式、B 腔常闭式及中间位置时压力油短路卸荷等。主要用于多个工作机构(液压缸、液压马达)的集中控制。

（1）型号说明

（2）技术规格(见表 22.7-196)

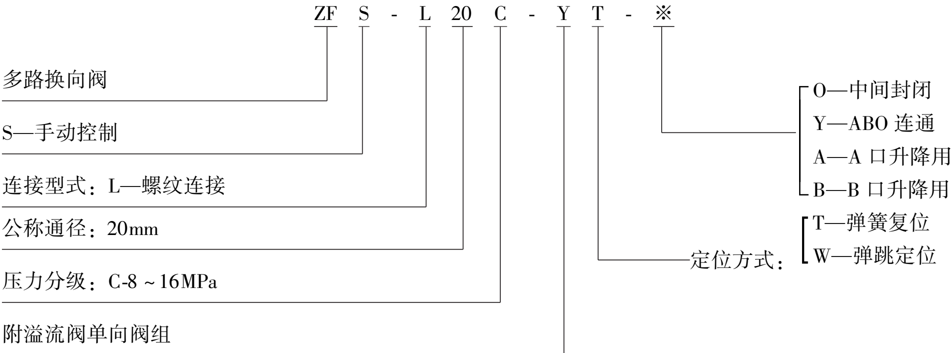


表22.7-196　技术规格

型　　号	通　　径	压力/MPa	流量/L·min⁻¹
ZFS-L10C-Y＊Y＊	10	14	30
ZFS-L20C-Y＊Y＊	20		75
ZFS-L25C-Y＊Y＊	25	10.5	130

（3）外形尺寸(见表22.7-197、表22.7-198)

表22.7-197　ZFS-L10C·Y＊-＊型外形尺寸　（mm）

公称通径/mm	最大流量/L·min⁻¹	工作压力/MPa	型号	重量/kg 2联	3联	4联	5联
10(3/8)	30	14.0	ZFS-L10	10.5	13.5	16.5	19.5
20(3/4)	75	14.0	ZFS-L20	24	31.0	38	45
25(1)	130	10.5	ZFS-L25	42	53.0	64	75

ZFS滑阀机能：O型 全闭口；Y型油缸浮动；A型 A口升降用；B型 B口升降用

联数 N	L_0	L	联数 N	L_0	L	联数 N	L_0	L
1	101	144	3	177	220	5	253	296
2	139	182	4	215	258			

4.6.2　ZS 型多路换向阀

ZS 型多路换向阀有 ZS1 型和 ZS2 型两种。ZS1 型多路换向阀带有一个先导溢流阀和一个单向阀，它的油路型式为并联，滑阀机能有 O、A、Y 型三种型式。它的定位复位方式有弹簧复位和钢球定位两种。ZS2 型多路换向阀是在 ZS1 基础上改进设计的。它是针对叉车的需要，在 ZS1 型阀上增加了一个 O 型机能。该机能为叉车的倾斜液压缸提供了失压误动作的保护，从而使叉车作用更为安全可靠。为了使结构紧凑，该阀取消了安装角铁，利用进油、回油阀体上的三个底脚直接安装。

表 22.7-198　ZFS-L20C-Y＊-＊、ZFS-L25C-Y＊-＊型外形尺寸　（mm）

公称通径	型号	联数	A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
20(3/4)	ZFS-L20C-Y※	1 2 3 4	236 293.5 351 408.5	204 261.5 319 376.5	16	48	54	57.5
25(1)	ZFS-L25C-Y※	1 2 3 4	285 347.5 410 472.5	241 303.5 366 428.5	22	58	62.5	62.5

公称通径	联数	A_6	A_7	A_8	B	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
20(3/4)	1 2 3 4	54	48	16	371.5	184.5	9.5	78	73	18	213
25(1)	1 2 3 4	62.5	58	22	437	188	12	107	100	25	275

公称通径	联数	C	C_1	C_2	C_3	Z	T	T_1	T_2	ϕW
20(3/4)	1 2 3 4	275	121	54	30	Z3/4	110	67	60	15
25(1)	1 2 3 4	391	140	60	40	Z1	100	125	70	18

（1）型号说明

Z S □ - L □ E - □ - □

- Z：多路换向阀
- S：控制方式：S—手动控制
- □：改型序号：1、2…
- L：连接方式：L—螺纹连接
- □：通径：10、15、20、25
- E：压力级（MPa）E-16
- □：定位方式：T—弹簧复位　W—钢球定位
- □：滑阀机能（见表 22.7-200）

（2）技术规格及滑阀机能（见表 22.7-199～200）

表 22.7-199　技术规格

型　号	通径 /mm	压力 /MPa	流量 /L·min⁻¹	滑阀机能	型　号	通径 /mm	压力 /MPa	流量 /L·min⁻¹	滑阀机能
ZS1-L10E-＊-＊	10	16	40	O、Y、A	ZS1-L20E-＊-＊	20	16	100	O、Y、A
ZS2-L10E-＊-＊				O、$\overline{O}$、Y、A	ZS2-L20E-＊-＊				O、$\overline{O}$、Y、A
ZS1-L15E-＊-＊	15		63	O、Y、A	ZS1-L25E-＊-＊	25		160	O、Y、A
ZS2-L15E-＊-＊				O、$\overline{O}$、Y、A	ZS2-L25E-＊-＊				O、$\overline{O}$、Y、A

表 22.7-200　滑阀机能

型　　号	职 能 符 号	代号	型　　号	职 能 符 号	代号
ZS1-L＊E-＊-O	A B P T	O	ZS2-L＊E-＊-$\overline{O}$	A B P T	$\overline{O}$
ZS1-L＊E-＊-Y	A B P T	Y	ZS2-L＊E-＊-Y	A B P T	Y
ZS1-L＊E-＊-A	A P T	A	ZS2-L＊E-＊-A	A P O	A
ZS2-L＊E-＊-O	A B P T	O			

（3）外形尺寸（见表 22.7-201、202）

表 22.7-201　ZS1 型多路换向阀外形尺寸　（mm）

通径	型号	A	B	C	D	E	H	h_1	h_2	K	L	L_0	S	N	M	F	E_1	E_2
10	ZS1-L10E-＊	260	236	130	100	40	283	47	27	44	218	126	7	11	M18×1.5	43	116	140
15	ZS1-L15E-＊	285	261	130	100	45	284	48	27	48	217	126	7	11	M22×1.5	35	126	150
20	ZS1-L20E-＊	350	314	154	120	55	308	61	26	56	247	154	9	14	M27×2	50	149	185
25	ZS1-L25E-＊	400	356	200	160	60	395	72	40	70	305	195	12	18	M33×2	75	176	220

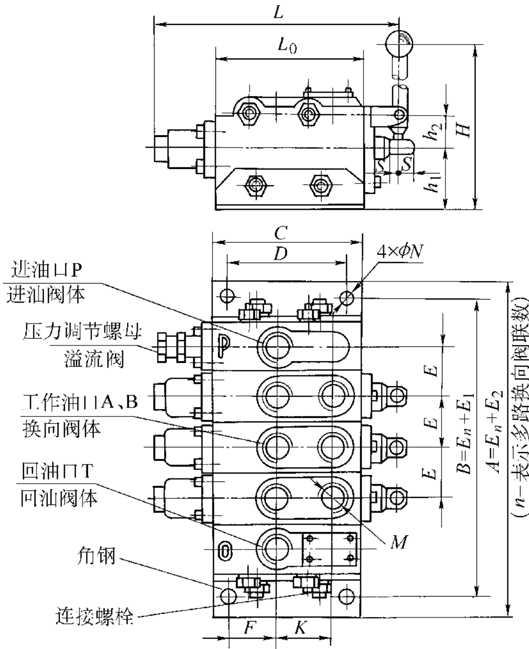
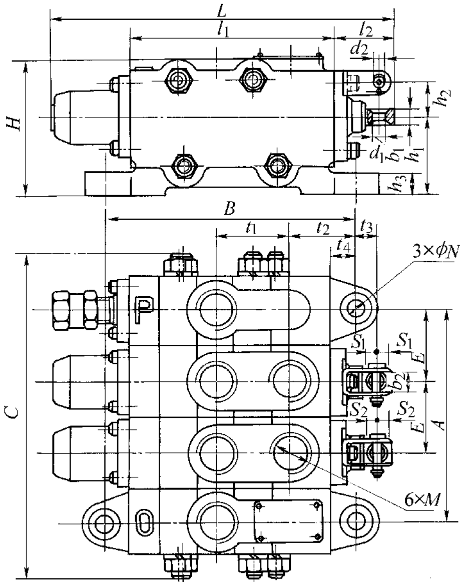


表 22.7-202　ZS2 型多路换向阀外形尺寸　(mm)

通径	型　号	A	B	C	E	L	l_1	l_2	H	h_1	h_2	h_3
10	Z2S-L10E-＊	120	146	187	40	228	126	42	80	44	27	18
15	Z2S-L15E-＊	135	146	207	45	228	126	42	85	45	27	18
20	Z2S-L20E-＊	162.5	190	250	55	260	154	47	106	61	27	18
25	Z2S-L25E-＊	180	220	280	60	318	181	55	132	72	27	20

通径	型　号	b_1	b_2	S_1	S_2	t_1	t_2	t_3	t_4	d_1	d_2	N	M
10	Z2S-L10E-＊	8	13	7	6	44	40	17	15	8	6	11	M18×1.5
15	Z2S-L15E-＊	8	13	7	6	48	44	17	15	8	6	11	M22×1.5
20	Z2S-L20E-＊	12	16	9	8	56	50	17	18	12	8	13	M27×2
25	Z2S-L25E-＊	14	18	12	10	70	55.5	22.5	19.5	14	8	13	M233×2



5　叠加阀

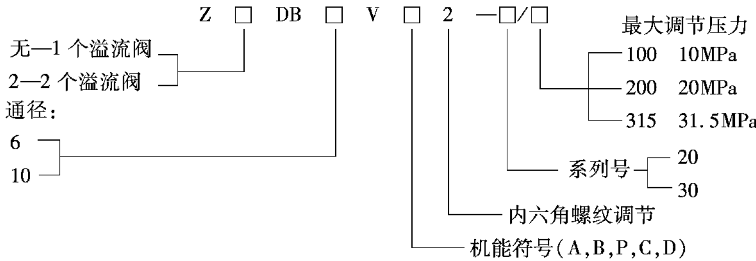
叠加阀可根据其不同的功能组成不同的叠加阀系统。

由叠加阀组成的液压系统其优点有：标准化、通用化、集成化程度高，设计、加工、装配周期短，结构紧凑、体积小、重量轻、占地面积小。当液压系统改变而需增减元件时，将其重新组装方便迅速。叠加阀可集中配置在液压站上，也可分散安装在设备上，配置型式灵活。叠加阀系统是无管连接结构，消除了因油管、管接头等引起的漏油、振动和噪声。叠加阀系统使用安全可靠，维修容易，外观整齐美观。其缺点是回路型式较少，通径较小，不能满足较复杂和大功率的液压系统需要。

5.1　叠加式压力控制阀

5.1.1　力士乐系列叠加式溢流阀

(1) 型号说明



（2）图形符号

力士乐系列叠加式溢流阀机能，其符号见图22.7-115。

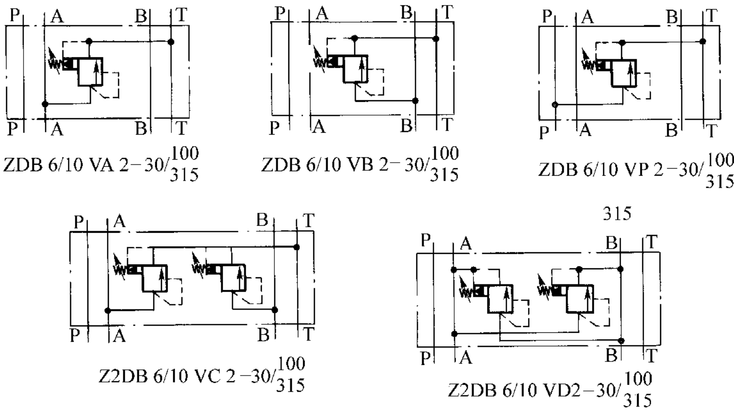


图22.7-115　力士乐系列叠加溢流阀图形符号

（3）技术规格

力士乐系列叠加溢流阀的技术规格见表22.7-203。

表22.7-203　叠加溢流阀的技术规格

通径/mm	6	10	通径/mm	6	10
型式	A，B，P，C，D	A，B，P，C，D	最大流量/L·min^{-1}	60	100
工作压力/MPa	31.5	31.5	重量/kg	ZDB 1.0 Z2DB 1.2	ZDB 2.4 Z2DB 2.6
调节压力/MPa	10 31.5	10 31.5			

（4）特性曲线（见图22.7-116、图22.7-117）

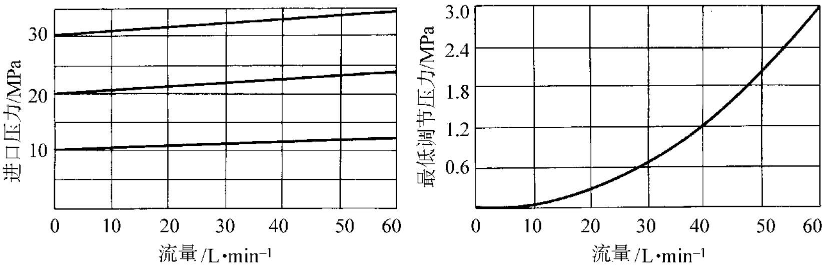


图22.7-116　Z(2)DB-6型溢流阀的特性曲线

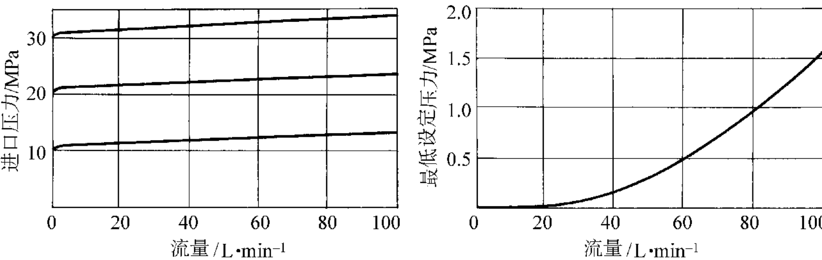


图22.7-117　Z(2)DB-10型溢流阀的特性曲线

（5） 外形尺寸(见图 22.7-118、图 22.7-119)

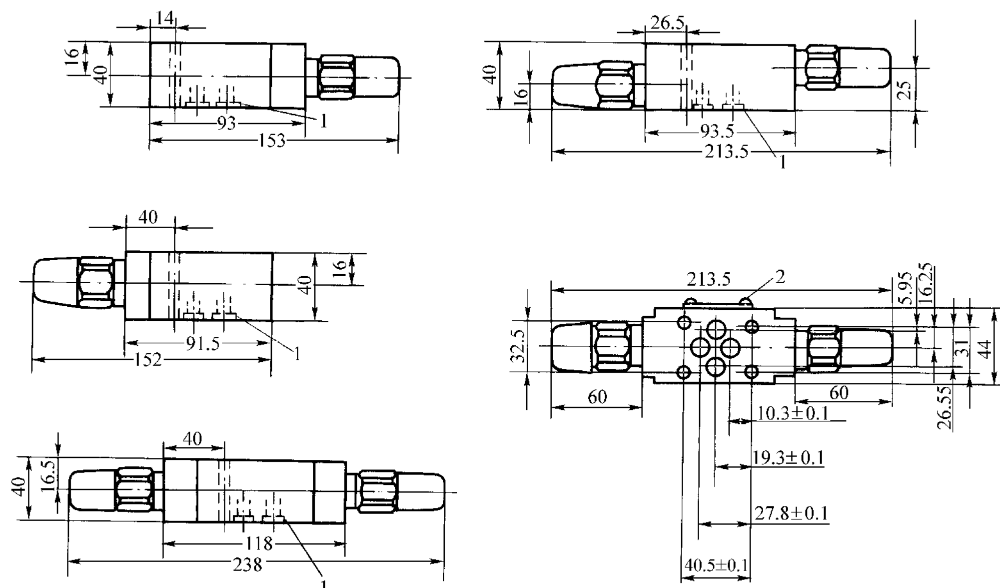


图 22.7-118　Z(2)DB-6 型溢流阀外形尺寸

1—O 形圈(GB/T 3452.1—2005)8.75×1.8　2—标牌

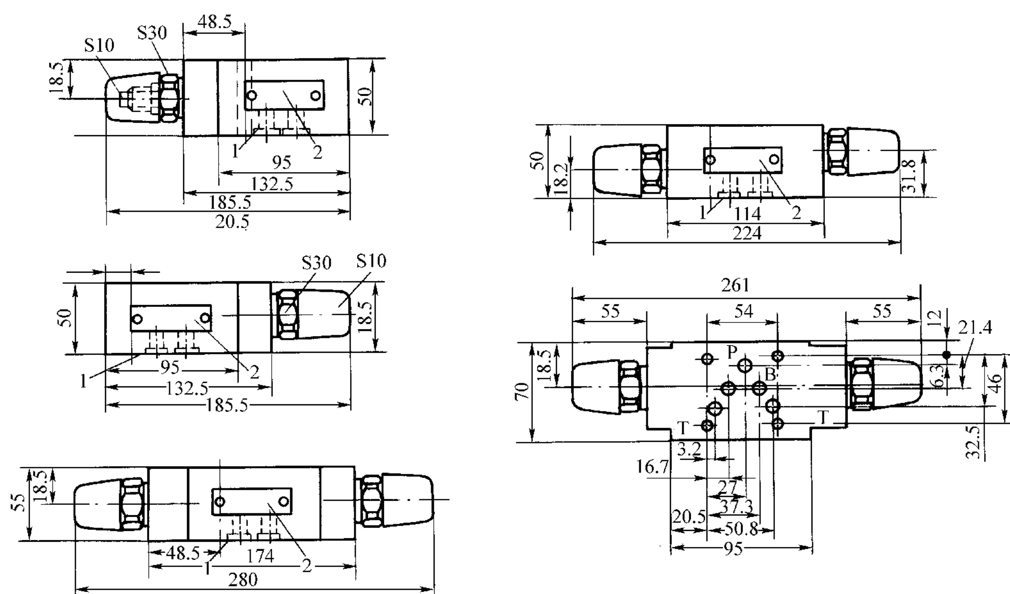


图 22.7-119　Z(2)DB-10 型溢流阀外形尺寸

1—O 形圈(GB/T 3452.1—2005)12.5×1.8　2—标牌

5.1.2　油研系列叠加式溢流阀

（1） 型谱

油研系列叠加溢流阀的型谱见表 22.7-204。

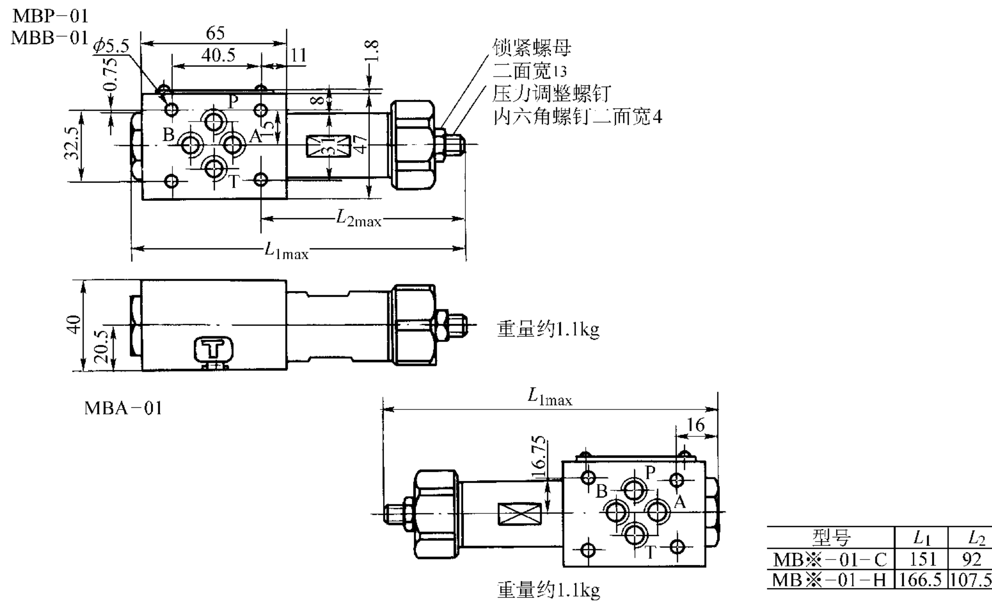
（2） 外形尺寸

油研系列叠加溢流阀的外形尺寸见图 22.7-120、图 22.7-121。

表 22.7-204 油研系列叠加溢流阀型谱表

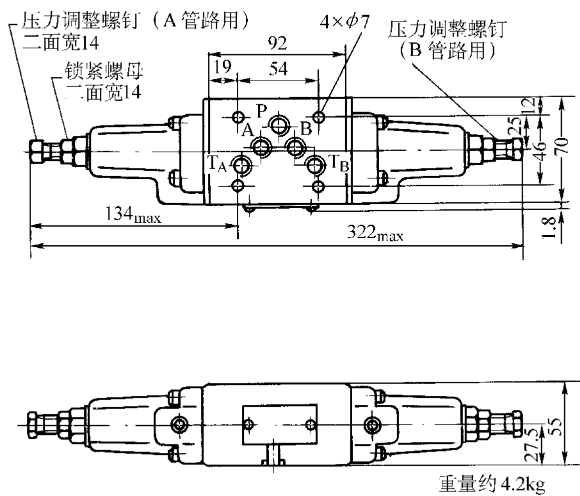
规　格	名称及型号	图形符号	最高使用压力 /MPa	压力调整范围 /MPa	最大流量 /L·min^{-1}
01 规格 (1/8in)	叠加式溢流阀 (P 管路用) MBP-01-※-30	P T B A ①②③④⑤⑥⑦	21	C 型：3～14 H 型：7～21	35
	叠加式溢流阀 (A 管路用) MBA-01-※-30				
	叠加式溢流阀 (B 管路用) MBB-01-※-30				
03 规格 (3/8in)	叠加式溢流阀 (P 管路用) MBP-03-※-20		25	B 型：4～7 H 型：3.5～25	70
	叠加式溢流阀 (A 管路用) MBA-03-※-20				
	叠加式溢流阀 (B 管路用) MBB-03-※-20				
	叠加式溢流阀 (A、B 管路用) MBW-03-※-20				

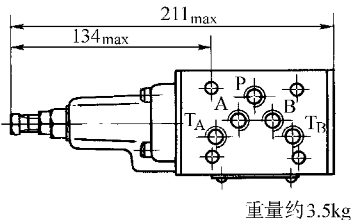
注：生产厂：榆次油研液压有限公司。



型号	L_1	L_2
MB※−01−C	151	92
MB※−01−H	166.5	107.5

图 22.7-120　MBP-01、MBA-01、MBB-01 型溢流阀的外形尺寸





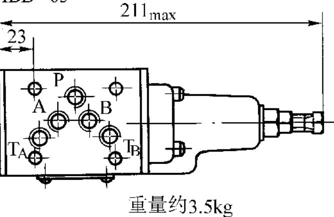


图 22. 7-121　MBP-03、MBA-03、MBB-03 型溢流阀的外形尺寸

5. 1. 3　威格士系列叠加溢流阀

威格士系列叠加溢流阀的型谱见表 22. 7-205。

表 22. 7-205　威格士系列叠加溢流阀的型谱

规格	型　号	符　号	最高使用压力/MPa	压力调整范围/MPa	最大流量/L · min⁻¹
2 规格	DGMC-2-PT-＊＊	a) P T B A	25	B 型 0. 2 ~ 4 C 型 3 ~ 10 F 型 7 ~ 16 G 型 12 ~ 25	30
	DGMC-2-BA-＊＊	b) P T B A			
	DGMC2-2-AT-＊＊-BT-＊＊	c) P T B A			
	DGMC2-2-AB-＊＊-BA-＊＊	d) P T B A			
3 规格	DGMC-3-PT-＊＊	e) P T B A	31. 5	A 型 0. 3 ~ 5 B 型 0. 3 ~ 10 C 型 1 ~ 20 G 型 5 ~ 31. 5	60
	DGMC2-3-AT-＊＊-BT-＊＊	f) P T B A			

（续）

规格	型　　号	符　　号	最高使用压力/MPa	压力调整范围/MPa	最大流量/L·min^{-1}
3规格	DGMC-3-BA-＊＊	g)	31.5	A型0.3～5 B型0.3～10 C型1～20 G型5～31.5	60
	DGMC2-3-AB-＊＊-BA-＊＊	h)			
5规格	DGMC2-5-AT-＊＊-BT-＊＊-＊-30	i)	31.5	A型0.4～5 B型0.4～10 F型0.4～20 G型0.4～31.5	120
	DGMC-5-AT-＊＊-RC-＊-30	j)			
	DGMC-5-PT-＊＊-＊-30	k)			
	DGMC2-5-AT-＊＊-BT-＊＊RC-＊-30	l)			
	DGMC-5-AT-＊＊-E-＊-30	m)			
	DGMC-5-PT-＊＊-RC-＊-30	n)			
	DGMC2-5-AT-＊＊-E-BT-＊＊-E-＊-30	o)			
	DGMC-5-AT-＊＊-E-RC-＊-30	p)			

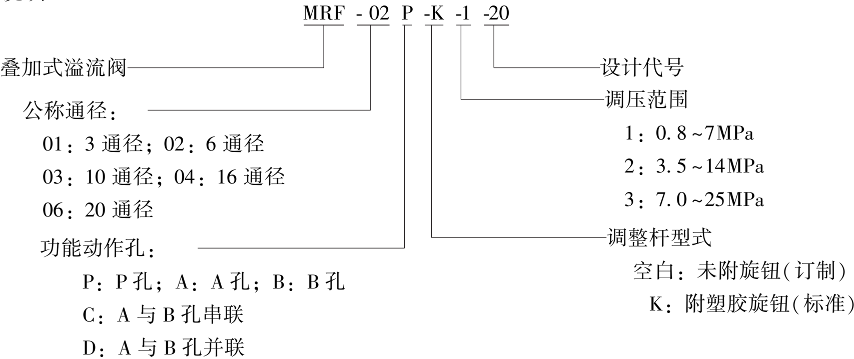
（续）

规格	型　号	符　号	最高使用压力/MPa	压力调整范围/MPa	最大流量/L・min⁻¹
5 规格	DGMC-5-PT-＊＊-E-＊-30	q) P T_B T_A B A	31.5	A 型 0.4～5 B 型 0.4～10 F 型 0.4～20 G 型 0.4～31.5	120
	DGMC2-5-AT-＊＊-E-BT-＊＊-E-RC-＊-30	r) P T_B T_A B A			
	DGMC-5-BT-＊＊-＊-30	s) P T_B T_A B A			
	DGMC-5-PT-＊＊-E-RC-＊-30	t) P T_B T_A B A			
	DGMC-5-AT-＊＊-＊-30	u) P T_B T_A B A			
	DGMC-5-BT-＊＊-RC-＊-30	v) P T_B T_A B A			
	DGMC-5-AB-＊＊-BA-＊＊-30	w) P T_B T_A B A			
	DGMC-5-BT-＊＊-E-＊-30	x) P T_B T_A B A			
	DGMC-5-BT-＊＊-E-RC-＊-30	y) P T_B T_A B A			

注：生产厂：大连液压工业有限责任公司。

5.1.4 MRF 型叠加式溢流阀

（1）型号说明



（2）图形符号(见图 22.7-122)

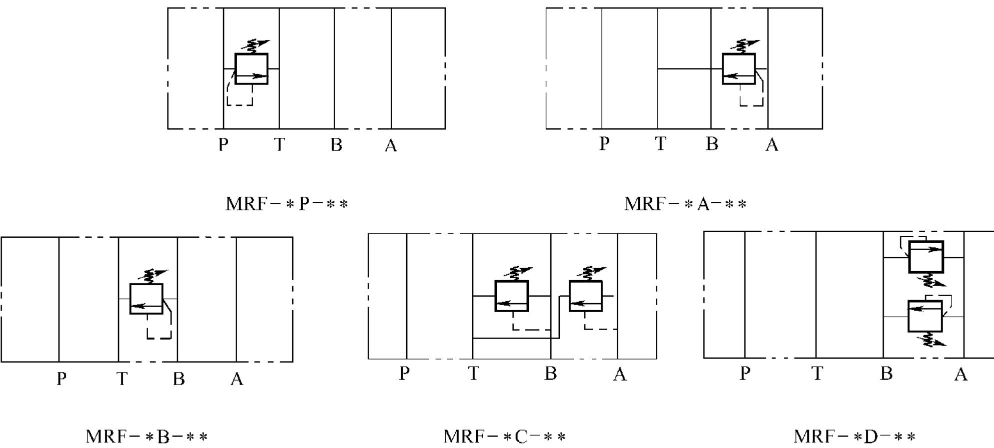


图 22.7-122 MRF 型叠加式溢流阀图形符号

（3）技术规格(见表 22.7-206)

表 22.7-206 技术规格

型　　号	最高工作压力/MPa	额定工作压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹	重量/kg
MRF-01P/A/B-∗∗	31.5	25	2	1.3
MRF-01C-∗∗				1.5
MRF-02P/A/B-∗∗	31.5	25	35	1.5
MRF-02C/D-∗∗				2.0
MRF-03P/A/B-∗∗	31.5	25	70	3.3
MRF-03C/D-∗∗				4.0
MRF-04P-∗∗	31.5	25	300	6.0
MRF-06P/A/B-∗∗	31.5	25	190	12.2
使用油液	ISO VG 32，46，68	油液清洁度要求	<NAS12 级，25μm	
粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	10~400	表面处理	磷酸盐皮膜处理	
工作温度/℃	－15~70			

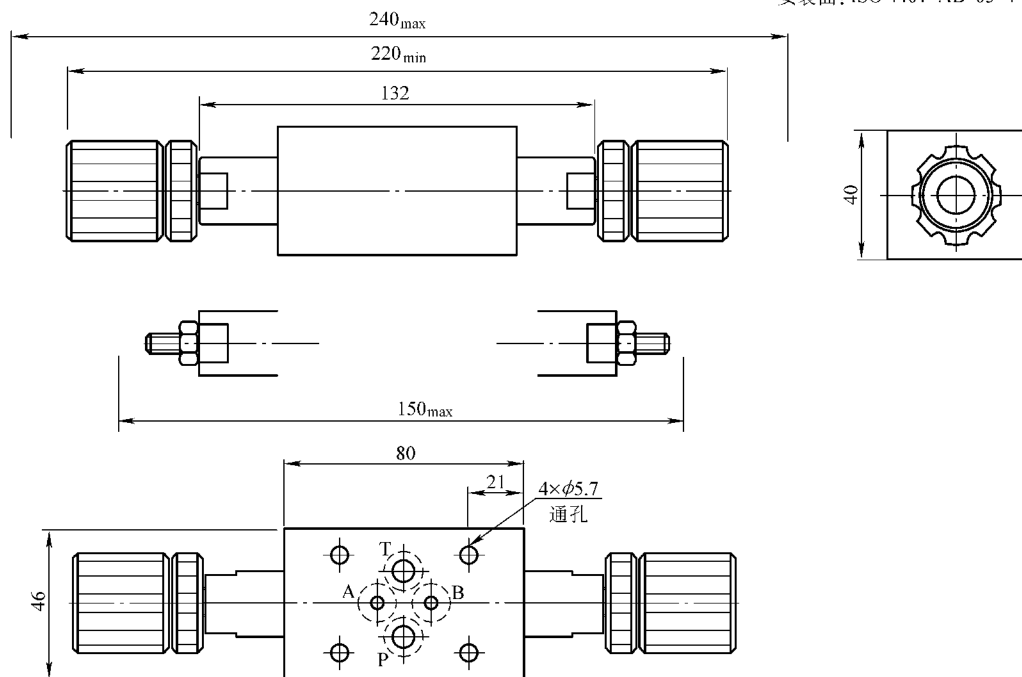
注：1. 压力设定：调整螺钉或把手，顺时针方向调整压力增高，逆时针方向调整压力减小，压力调整后请锁紧六角螺母或塑胶安装螺母。

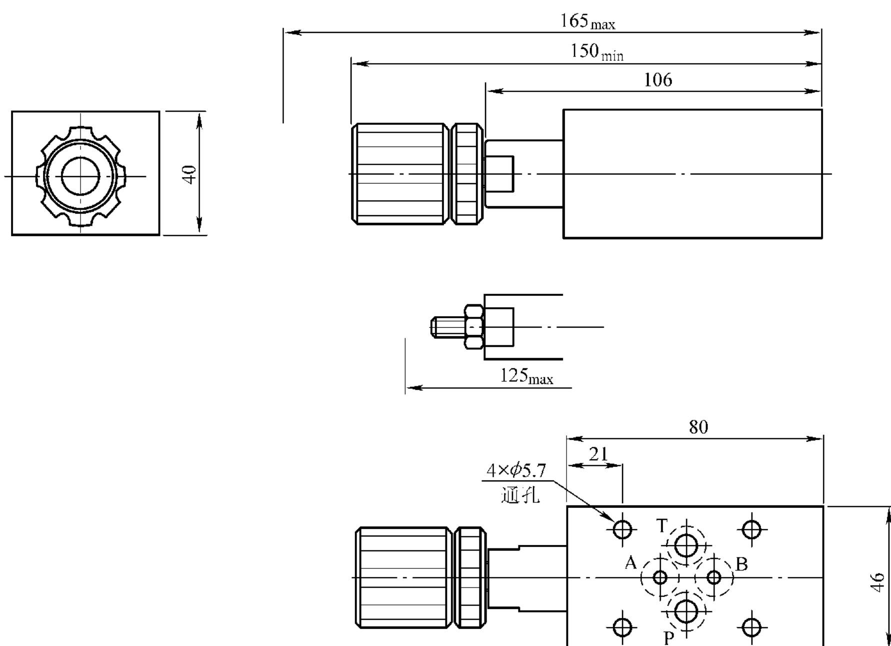
2. 生产厂：台湾涌镇实业股份有限公司。

(4) 外形尺寸(见表 22. 7-207)

表 22. 7-207　外形尺寸

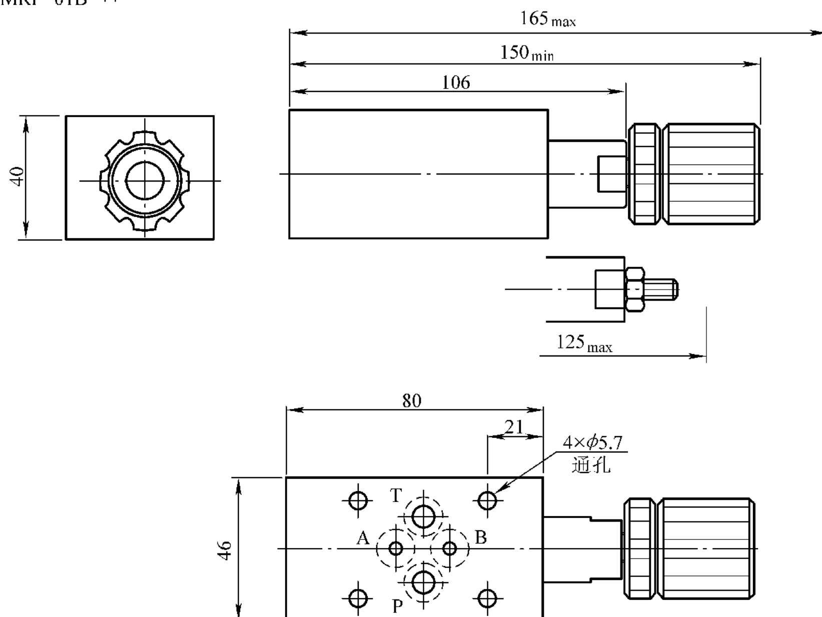
MRF-01 系列外形尺寸





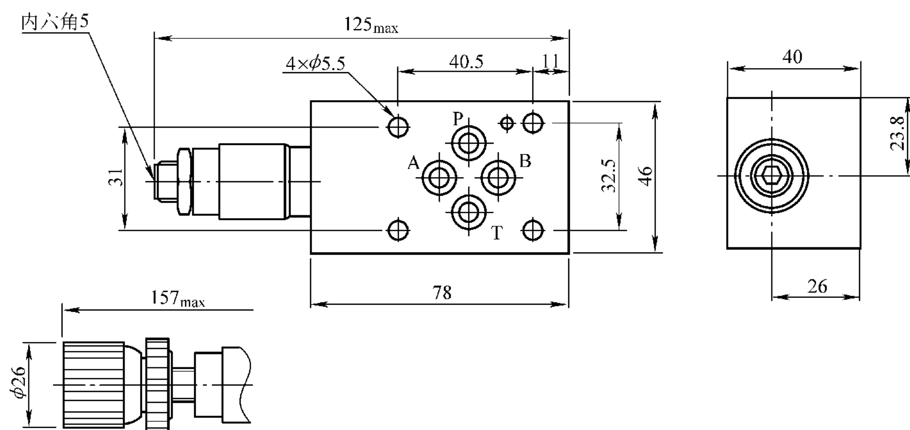
（续）

MRF−01B−**



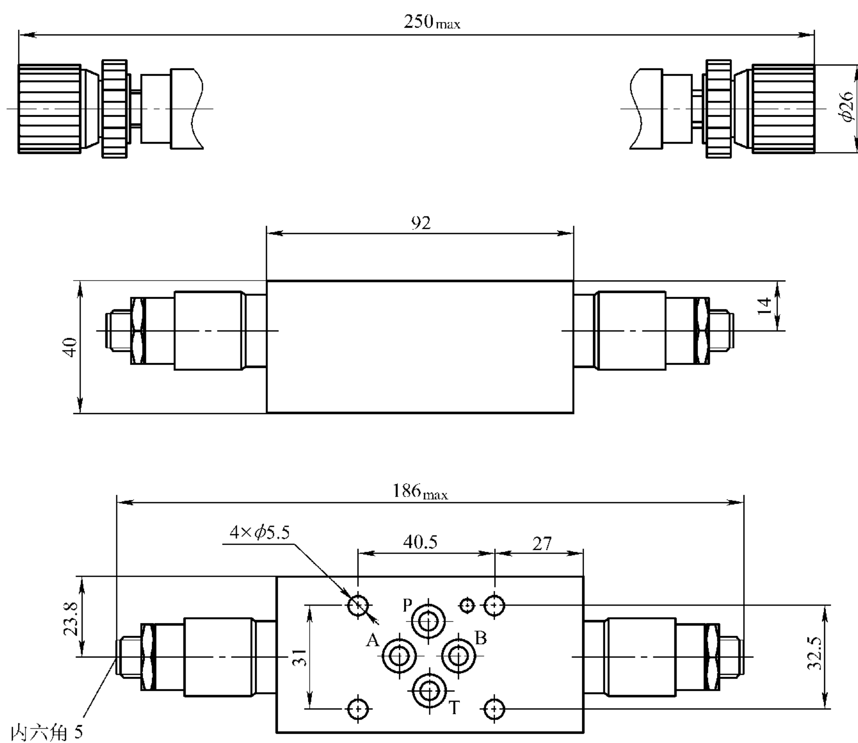
MRF-02 系列外形尺寸

MRF−02A−**　　安装面：ISO 4401−AB−03−4−A

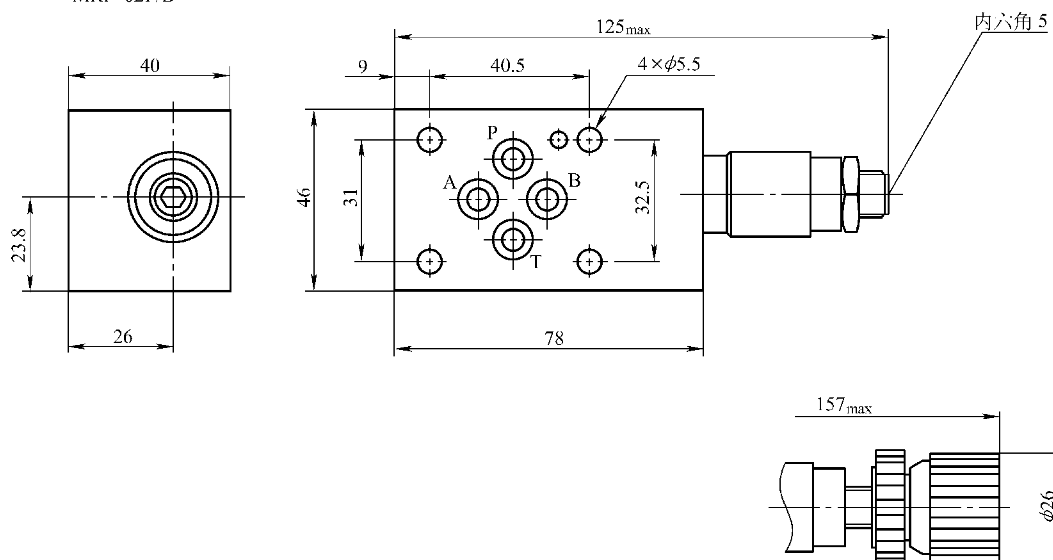


（续）

MRF-02C-**

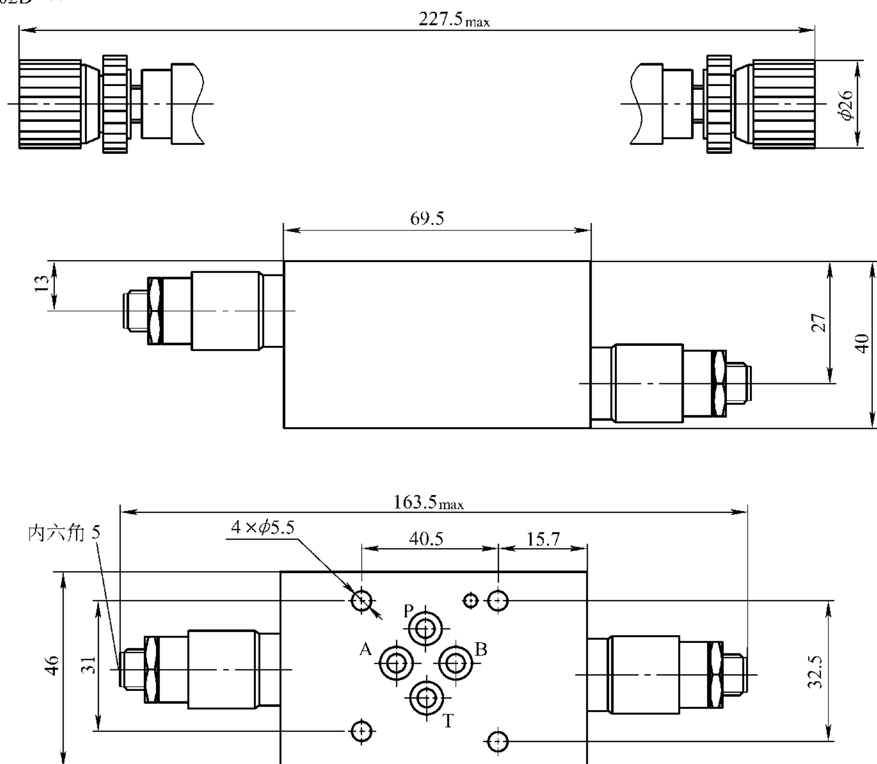


MRF-02P/B-**



（续）

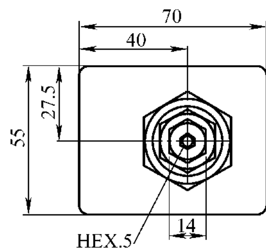
MRF-02D-**

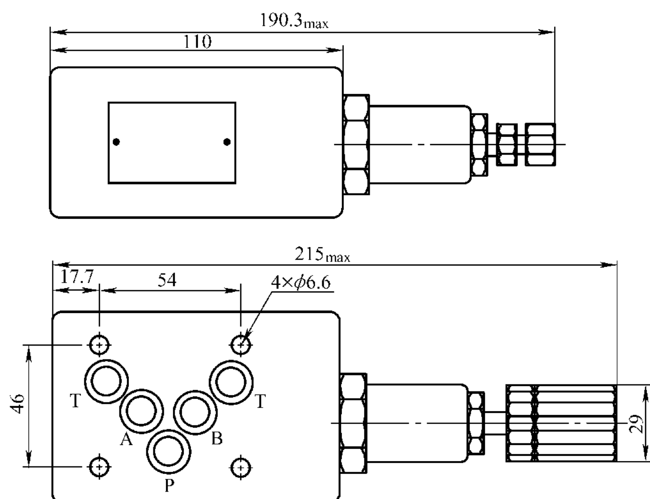


MRF-03 系列外形尺寸

MRF-03P/B-**

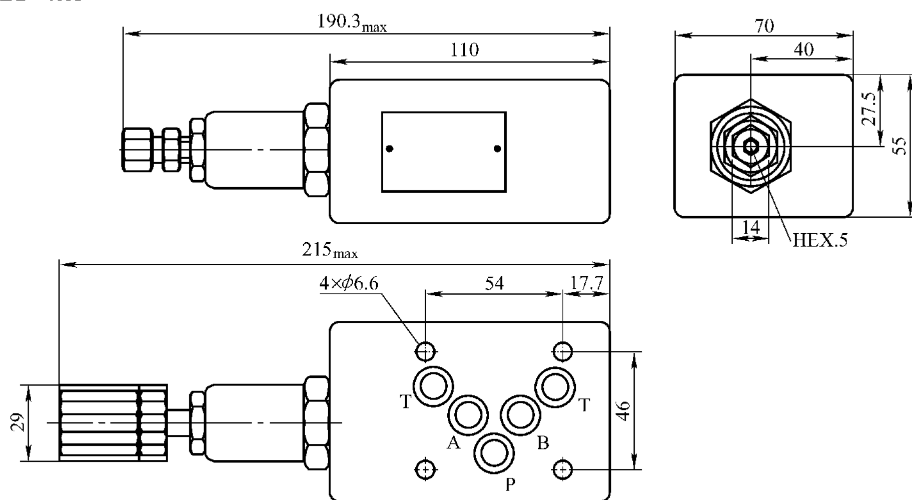
安装面：ISO 4401-AC-05-4-A



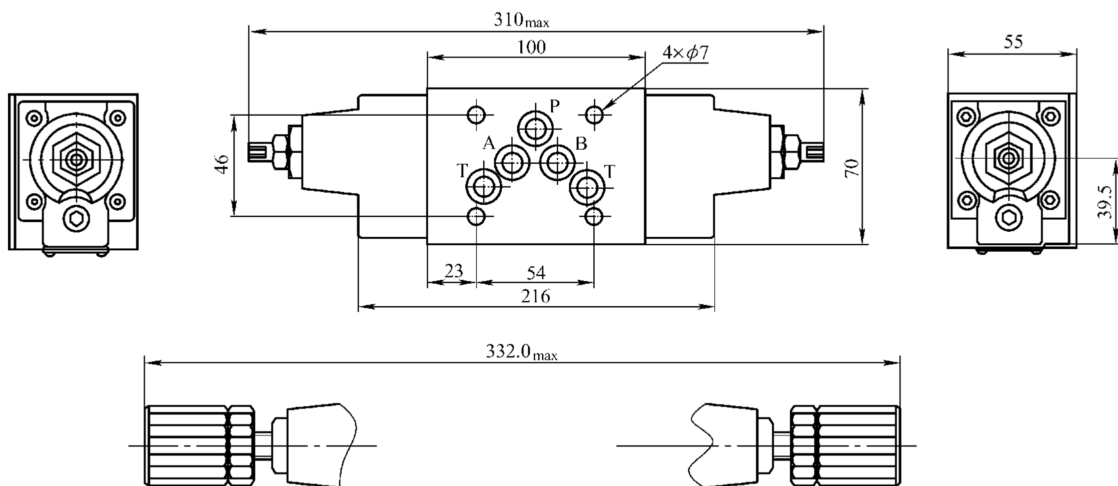


（续）

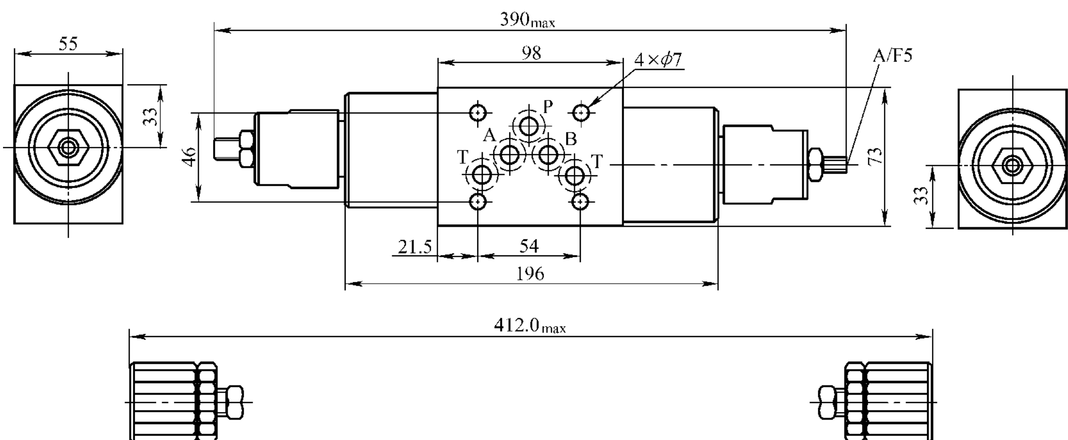
MRF-03A-**



MRF-03C-**



MRF-03D-**

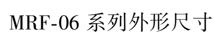


（续）

MRF-04 系列外形尺寸

MRF-04P-**

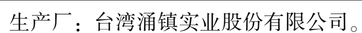
安装面：ISO 4401-AD-07-4-A



MRF-06 系列外形尺寸

MRF-06P/A/B-**

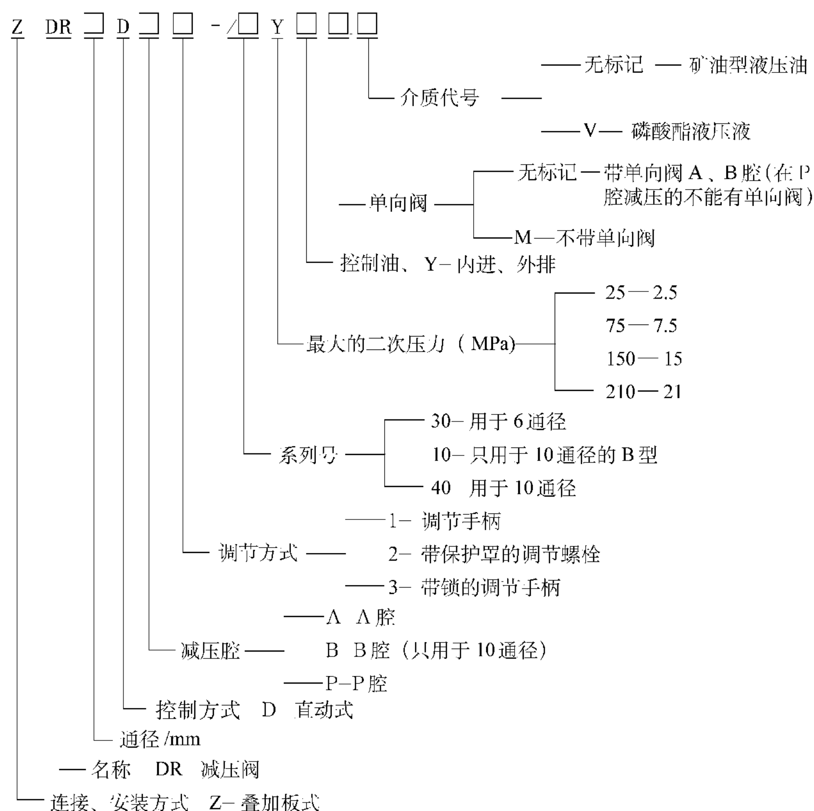
安装面：ISO 4401-AE-08-4-A



生产厂：台湾涌镇实业股份有限公司。

5.1.5 力士乐系列叠加式减压阀

（1）型号说明



（2）图形符号

力士乐系列叠加减压阀有 5 种机能，其符号见图 22. 7-123。

（3）技术规格

力士乐叠加减压阀的技术规格见表 22. 7-208。

（4）外形尺寸(见图 22. 7-124 ~ 图 22. 7-126)

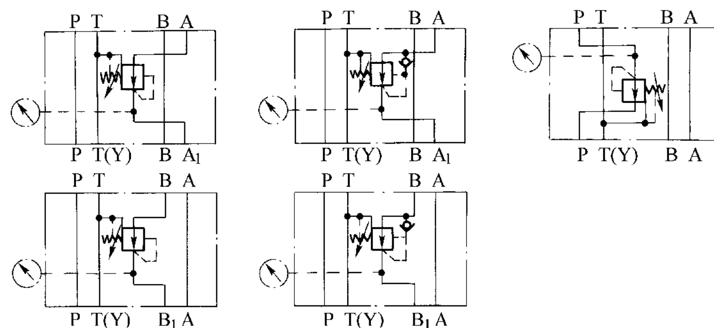


图 22. 7-123　力士乐叠加减压阀图形符号

表 22. 7-208　叠加减压阀的技术规格

通　　径	6	10	通　　径	6	10
型式	DA/YM，DA/Y，DP/YM	DA/YM，DA/Y，DP/YM，DB/YM，DB/Y	出口压力/MPa	~21	~21
			最大流量/$L \cdot min^{-1}$	30	50
工作压力/MPa	21	21	重量/kg	1. 2	—

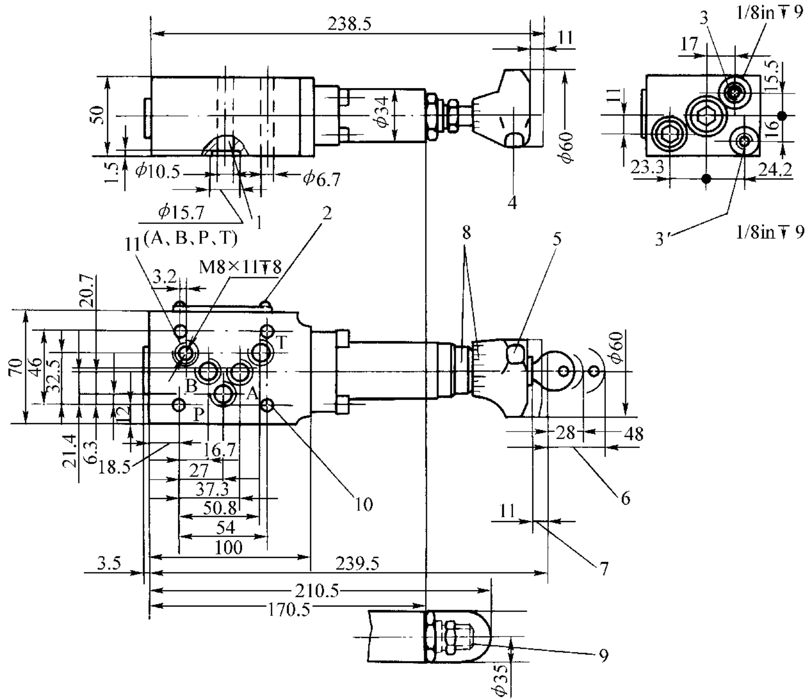


图22.7-124　ZDR10DA及ZDR10DP型外形尺寸

1—密封圈　2—标牌　3—压力表接口(ZDR10DP)　3′—压力表接口(ZDR10DA)　4—压力调节型式“1”　5—压力调节型式“3”　6—钥匙拔出尺寸　7—行程　8—调节刻度套　9—压力调节型式“2”　10—安装孔　11—2.5MPa压力级时此孔堵死，7.5、15、21MPa时此孔作泄漏孔

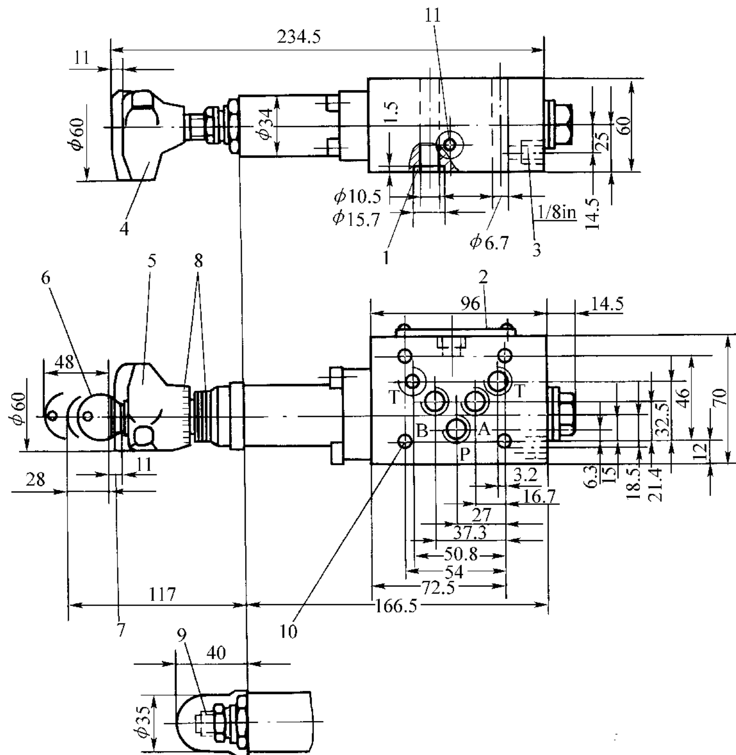


图22.7-125　ZDR10DB型外形尺寸

1—密封圈　2—标牌　3—压力表接口(ZDR10DP)　4—压力调节型式“1”　5—压力调节型式“3”　6—钥匙拔出尺寸　7—行程　8—调节刻度套　9—压力调节型式“2”　10—安装孔　11—单向阀

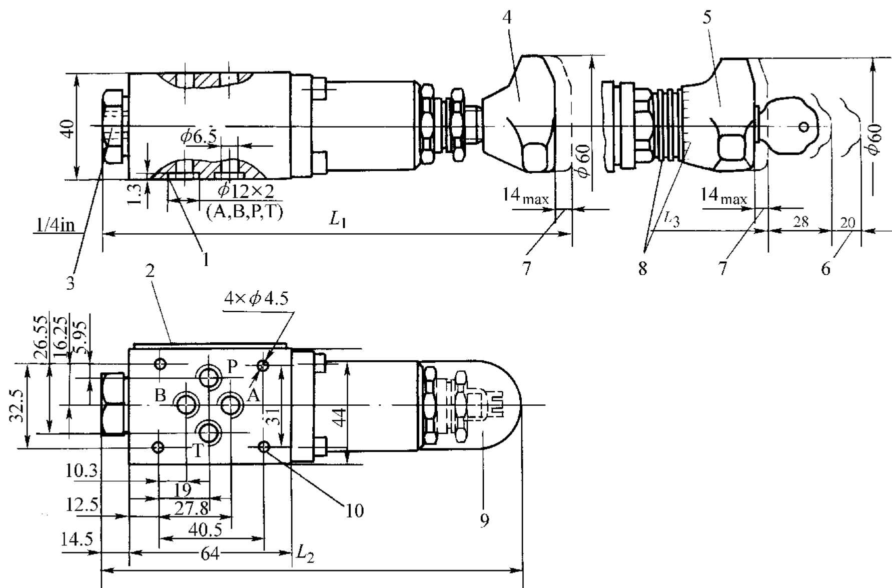


图 22.7-126　ZDR6 型外形尺寸

1—密封圈　2—标牌　3—压力表接口　4—压力调节型式“1”　5—压力调节型式“3”　6—钥匙拔出尺寸　7—行程　8—调节刻度套　9—压力调节型式“2”　10—安装孔

注：生产厂：沈阳液压件制造有限公司；北京华德液压集团有限公司；上海立新液压件公司

5.1.6　油研系列叠加减压阀

（1）型谱

油研系列叠加减压阀的型谱见表 22.7-209。

表 22.7-209　油研系列叠加减压阀型谱

规格	名称及型号	符　　号	最高使用压力 /MPa	压力调节范围 /MPa	最大流量 /L · min⁻¹
01 规格 (1/8in)	叠加式减压阀 (P 管路用) MRP-01-※-30	P T B A ① ② ③ a)	25	B 型：~7 C 型：3.5 ~ 14 H 型：7 ~ 21	35
	叠加式减压阀 (A 管路用) MRA-01-※-30				
	叠加式减压阀 (B 管路用) MRB-01-※-30				
03 规格 (3/8in)	叠加式减压阀 (P 管路用) MRP-03-※-20	① ② ③ b)	25	B 型：1 ~ 7 H 型：3.5 ~ 24.5	50
	叠加式减压阀 (A 管路用) MRA-03-※-20				
	叠加式减压阀 (B 管路用) MRB-03-※-20				

（续）

规格	名称及型号	符　号	最高使用压力/MPa	压力调节范围/MPa	最大流量/L·min⁻¹
03规格（3/8in）	叠加式低压减压阀（P管路用）MRLP-03-10	c)	7	0.2～6.5	125
	叠加式低压减压阀（A管路用）MRLA-03-10				
	叠加式低压减压阀（B管路用）MRLB-03-10				
06规格（3/4in）	叠加式减压阀（P管路用）MRP-06-※-10	d)	25	B型：0.7～7 C型：3.5～14 H型：7～21	
	叠加式减压阀（A管路用）MRA-06-※-10				
	叠加式减压阀（B管路用）MRB-06-※-10				
10规格（1¹/₄in）	叠加式减压阀（P管路用）MRP-10-※-10	e)	25	B型：0.7～7 C型：3.5～14 H型：7～21	250
	叠加式减压阀（A管路用）MRA-10-※-10				
	叠加式减压阀（B管路用）MRB-10-※-10				

注：生产厂：榆次油研液压有限公司。

（2）外形尺寸

油研系列叠加减压阀的外形尺寸见图22.7-127～131。

图22.7-127　01规格叠加减压阀外形尺寸图

图22.7-128　03规格叠加减压阀外形尺寸图

5.1.7　威格士系列叠加减压阀

威格士系列叠加减压阀的型谱见表22.7-210。

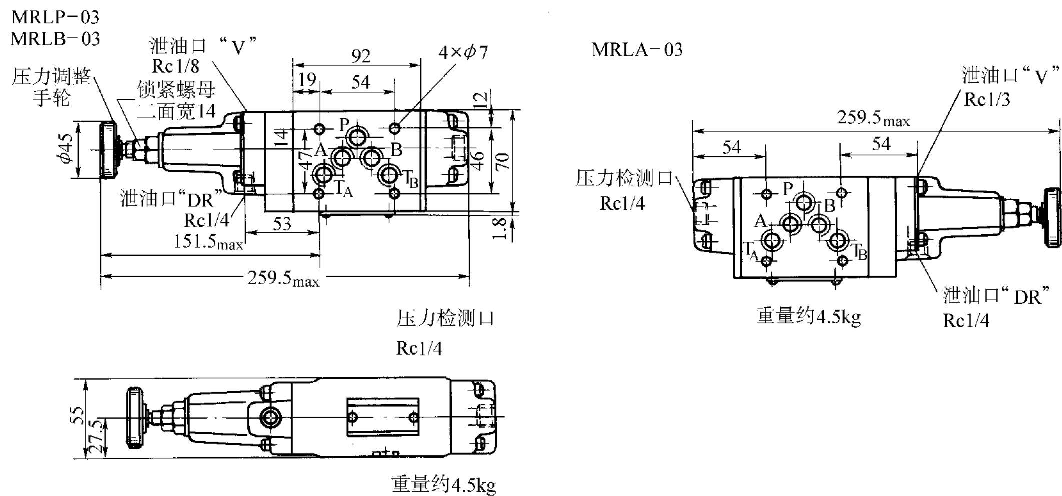


图 22.7-129　03 规格低压叠加减压阀外形尺寸图

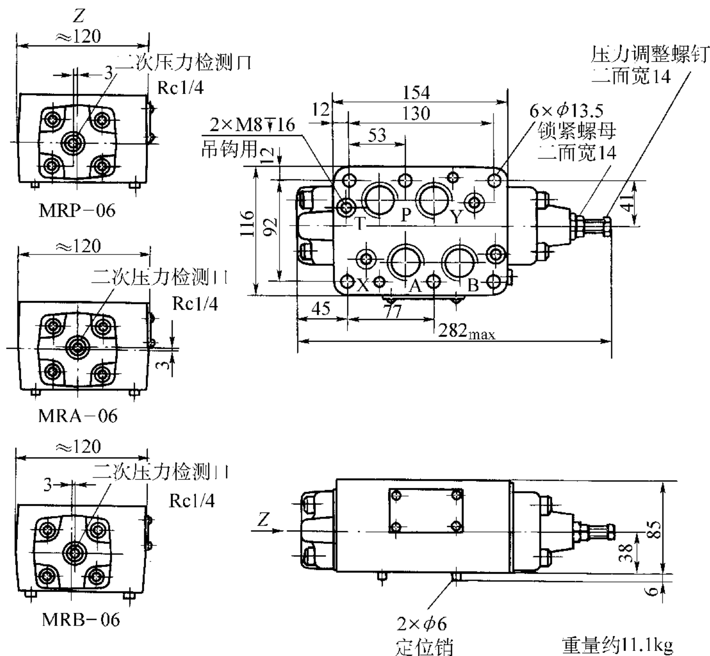


图 22.7-130　06 规格叠加减压阀外形尺寸图

表 22.7-210　威格士系列叠加减压阀型谱

规格	型　　号	符　　号	最高使用压力/MPa	调节范围/MPa	最大流量/L・min⁻¹
2 规格	DGMX2-2-PA	P T B A ① ② ③ a)	25	A 型：0.2～1.6 B 型：0.2～4 C 型：3～10 F 型：7～16 G 型：12～25	30
	DGMX2-2-PB				
	DGMX2-2-PP				

（续）

规格	型　　号	符　　号	最高使用压力/MPa	调节范围/MPa	最大流量/L·min⁻¹
3 规格	DGMX2-3-PA	b)	31.5	A 型：0.3～3 B 型：0.35～7 C 型：1～14 F 型：2～25	60
	DGMX2-3-PB				
	DGMX2-3-PP				
5 规格	DGMX2-5-PP-＊＊-E-＊-30	c)	A 型：7 其余：31.5	A 型：0.2～5 B 型：0.85～10 F 型：0.85～20 G 型：0.85～31.5	120
	DGMX2-5-PA-＊＊-E-30				
	DGMX2-5-PP-＊＊-＊-30				
	DGMX2-5-PB-＊＊-E-30				
	DGMX2-5-PB-＊＊-＊-30				
	DGMX2-5-PA-＊＊-＊-30				

注：生产厂：大连液压工业有限责任公司。

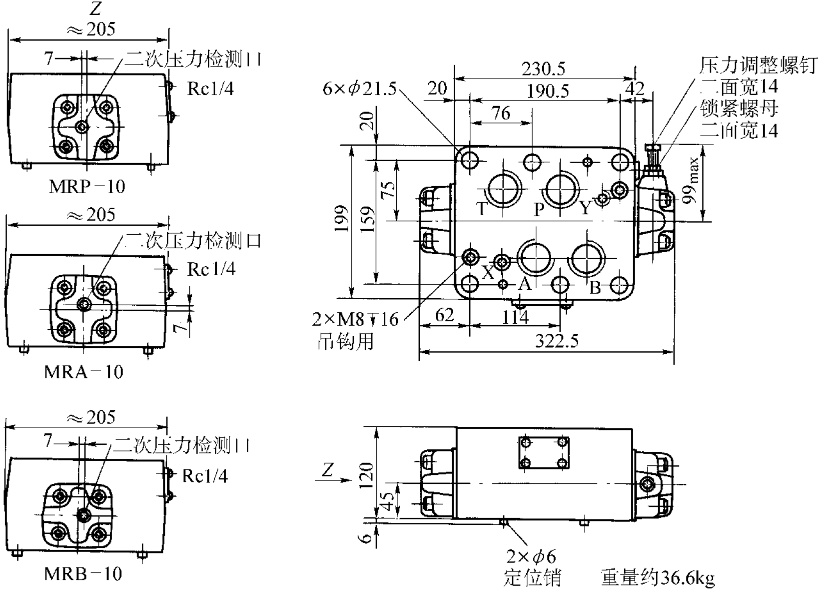
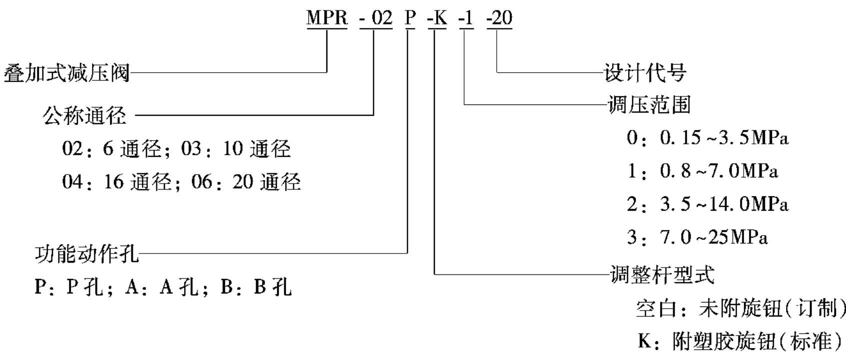


图 22.7-131　10 规格叠加减压阀外形尺寸图

5.1.8　MPR 型叠加式减压阀

（1）型号说明



（2）液压符号(见图22.7-132)

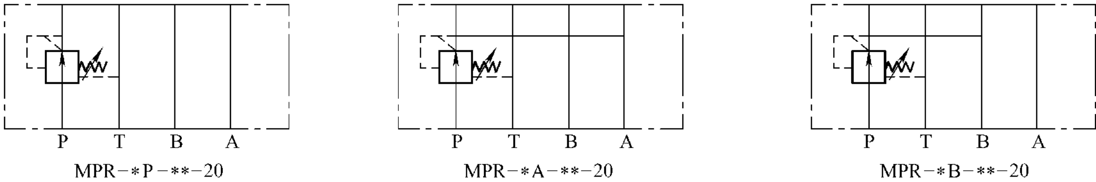


图22.7-132　液压符号

（3）技术规格(见表22.7-211)

表22.7-211　技术规格

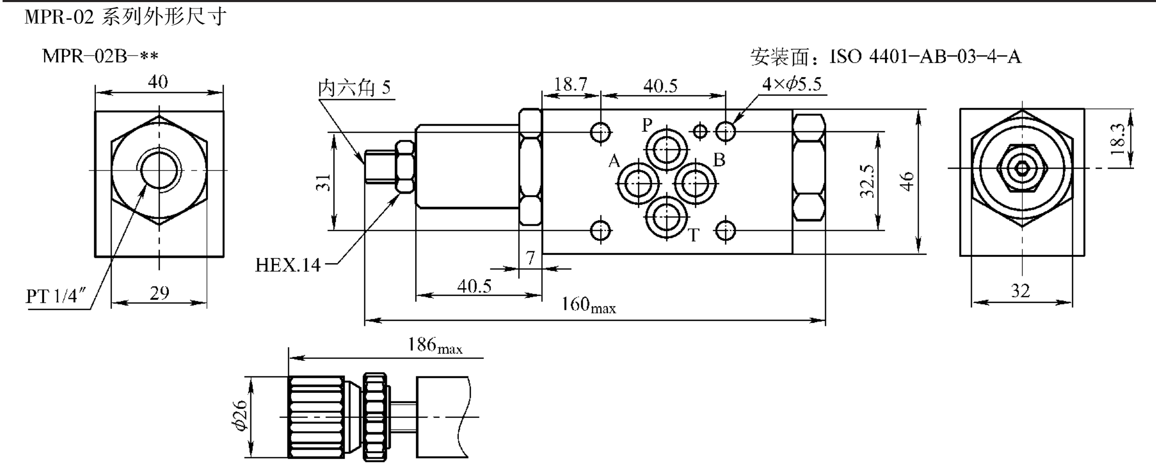
型　　号	最高工作压力/MPa	额定工作压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹	重量/kg
MPR-02P/A/B-**	31.5	25	35.0	1.2
MPR-03P/A/B-**			70.0	3.3
MPR-04P/A/B-**			300.0	7.5
MPR-06P/A/B-**			190.0	11.6
使用油液	ISO VG 32，46，68	油液清洁度要求	<NAS12级，25μm	
粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	10~400	表面处理	磷酸盐皮膜处理	
工作温度/℃	-15~70			

注：压力设定：调整螺钉或把手顺时针方向调整压力增高，逆时针方向调整压力减小，压力调整后请锁紧六角螺母或塑胶安装螺母。

（4）外形尺寸(见表22.7-212)

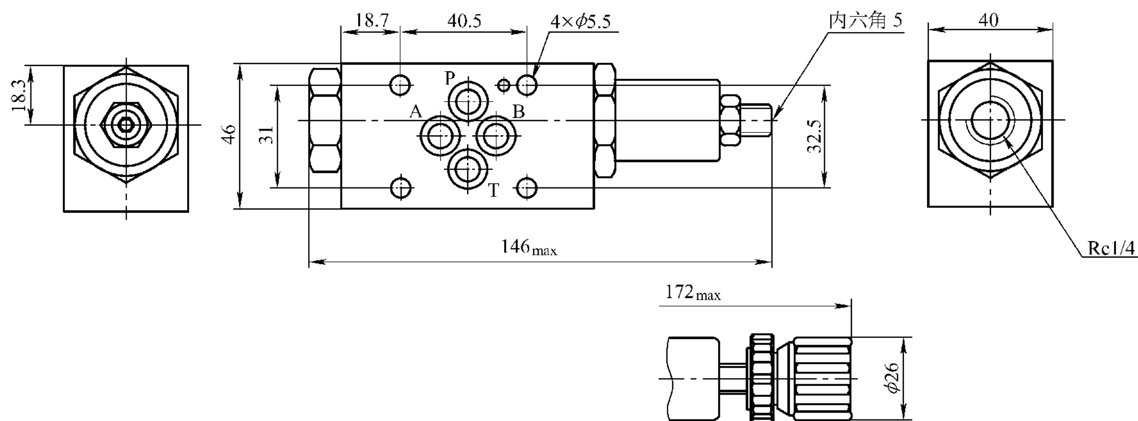
表22.7-212　外形尺寸

MPR-02系列外形尺寸



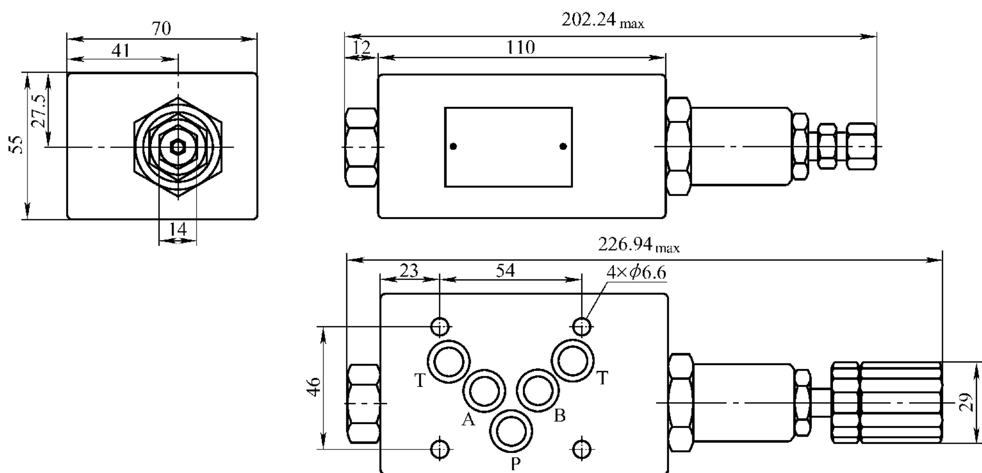
（续）

MPR-02A/P-** 安装面：ISO 4401-AB-03-4-A



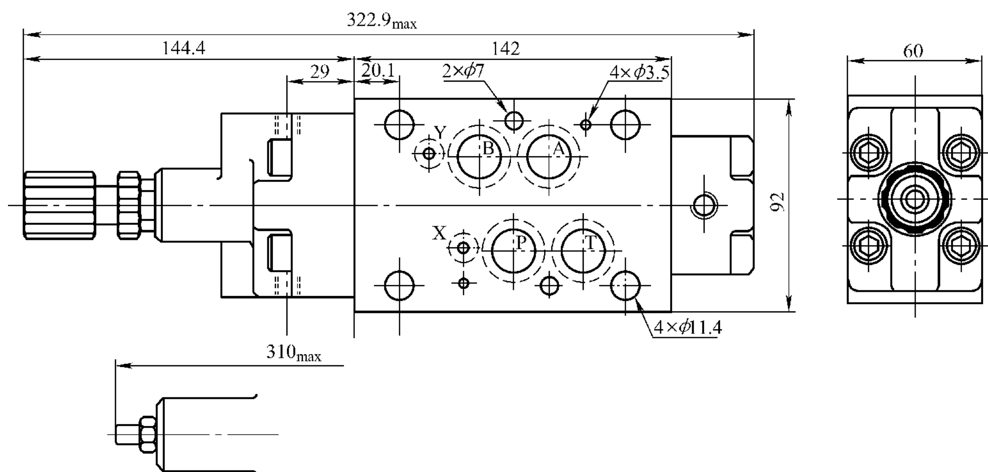
MPR-03 系列外形尺寸

MPR-03P/A/B-** 安装面：ISO 4401-AC-05-4-A



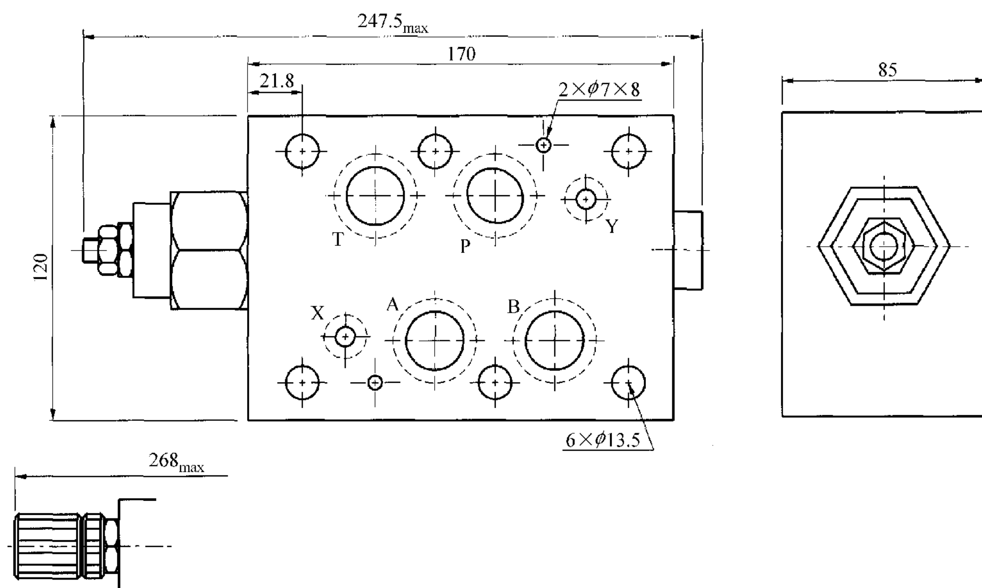
MPR-04 系列外形尺寸

MPR-04P/A/B-**



（续）

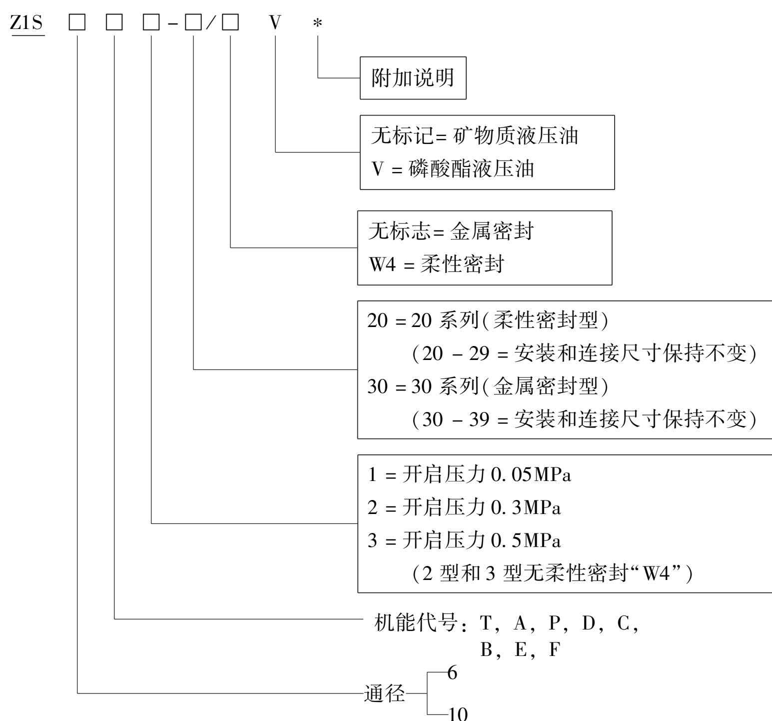
MPR-06 系列外形尺寸图



5.2　叠加式方向阀

5.2.1　力士乐系列叠加单向阀

（1）型号说明



（2）图形符号

各种机能的叠加式单向阀见图 22.7-133。

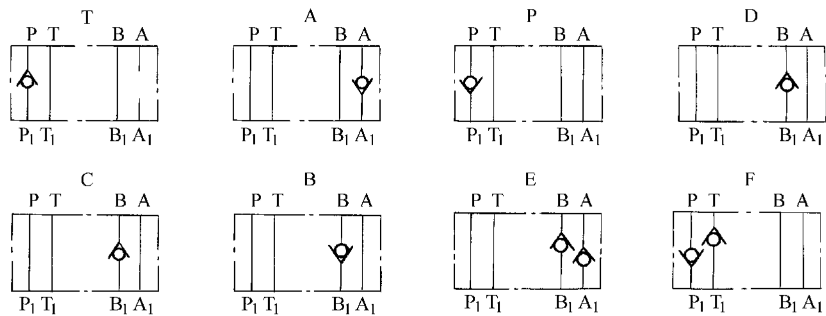


图 22.7-133　叠加式单向阀图形符号

（3）技术规格(见表 22.7-213)。

表 22.7-213　叠加式单向阀的技术规格

通　　径	6	10
型式	T，A，P，D，C，B，E，F	T，A，P，D，C，B，E，F
工作压力/MPa	31.5	31.5
开启压力/MPa	—	0.05，0.3，0.5
最大流量/L·min⁻¹	40	100
重量/kg	0.8	2.7

（4）外形尺寸(见图 22.7-134、135)

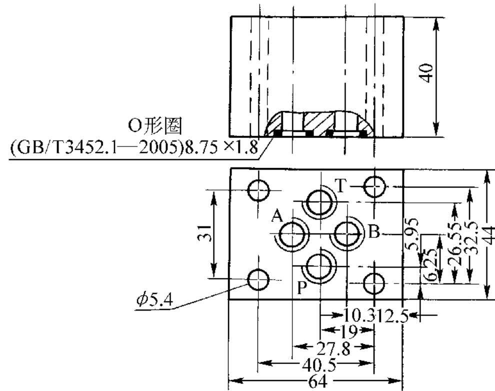


图 22.7-134　6 通径叠加式单向阀外形尺寸

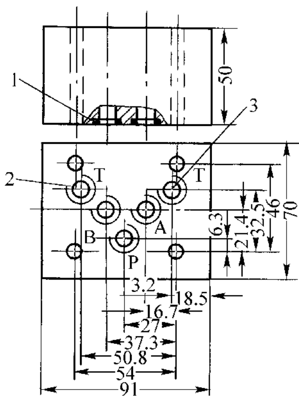


图 22.7-135　10 通径单向阀外形尺寸

1—O 形圈(GB/T 3452.1—2005)8.75×1.8
2—Z1S10T 和 F 型中的油口 T 被封闭　3—在 T 和 F 型中，单向阀安装在此油道上

注：生产厂：沈阳液压件制造有限公司；北京华德液压集团有限公司；上海立新液压件公司

5.2.2　油研系列叠加单向阀

（1）型谱

油研系列叠加单向阀的型谱见表 22.7-214。

（2）外形尺寸

油研系列叠加单向阀的元件尺寸见图 22.7-136 ~ 图 22.7-138。

表 22.7-214　油研系列叠加单向阀型谱

规格	名称及型号	符　　号	最高使用压力/MPa	开启压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹
01 规格(1/8in)	叠加式单向阀(P 管路用)MCP-01-※-30	P T B A ①		0 型：0.035 2 型：0.2 4 型：0.4	35
	叠加式单向阀(T 管路用)MCT-01-※-30	②			

（续）

规格	名称及型号	符　号	最高使用压力 /MPa	开启压力 /MPa	最大流量 /L·min^{-1}
03 规格（3/8in）	叠加式单向阀（P 管路用）MCP-03-※-10	③	25	0 型：0.035 2 型：0.2	70
	叠加式单向阀（A 管路用）MCA-03-※-20	④			
	叠加式单向阀（B 管路用）MCB-03-※-20	⑤			
	叠加式单向阀（T 管路用）MCT-03-※-10	⑥			
	叠加式单向阀（P、T 管路用）MCPT-03-P※-T※-10	⑦			

注：生产厂：榆次油研液压有限公司。

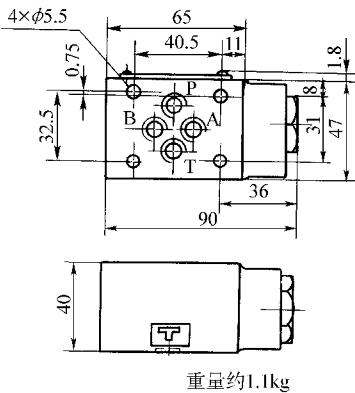


图 22.7-136　MCP-01、MCT-01 型叠加单向阀外形尺寸

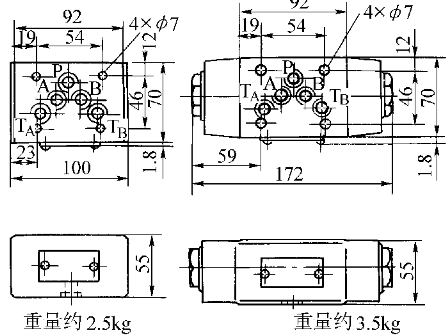
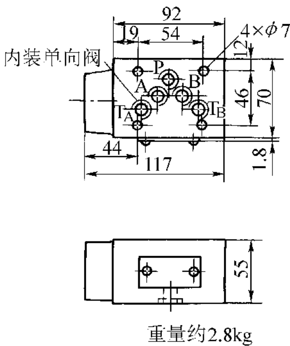


图 22.7-137　MCP-03、MCA-03 及 MCB-03 型叠加单向阀外形尺寸



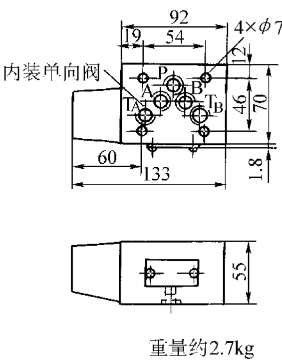


图 22.7-138　MCT-03、MCPT-03 型 P、T 管路用叠加单向阀外形尺寸

5.2.3　威格士系列叠加单向阀

威格士系列叠加单向阀的型谱见表22.7-215。

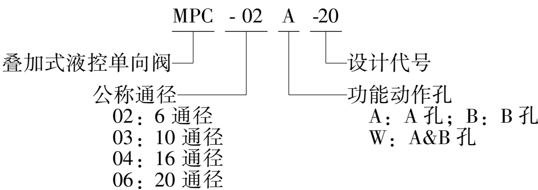
表22.7-215　威格士系列叠加单向阀型谱

规格	型　　号	符　　号	最高使用压力/MPa	开启压力/MPa	最大流量/L·min^{-1}
2规格	DGMDC-2-Y-P＊①	P T B A ① ② a)	25	K型：0.1 M型：0.25	30
	DGMDC-2-X-T＊②				
3规格	DGMDC-3-X-A＊③	③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ b)	31.5	K型：0.1 M型：0.25 N型：0.5	60
	DGMDC-3-Y-A＊④				
	DGMDC-3-X-B＊⑤				
	DGMDC-3-Y-B＊⑥				
	DGMDC-3-Y-P＊⑦				
	DGMDC-3-X-T＊⑧				
	DGMDC-3-Y-A＊-B＊⑨				
5规格	DGMDC-5-Y-B＊-30⑩	P T_B T_A B A ⑩ ⑪ ⑫ c)	31.5	同3规格	120
	DGMDC-5-Y-A＊-B＊-30⑪				
	DGMDC-5-Y-A＊-30⑫				
	DGMDC-5-Y-P＊-30⑬	⑬ ⑭ d)			
	DGMDC-5-X-T＊-30⑭				

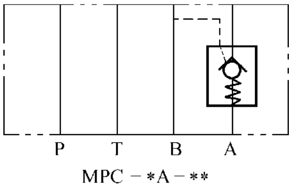
注：生产厂：大连液压工业有限责任公司。

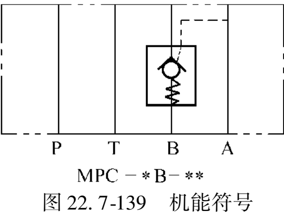
5.2.4　MPC型叠加式液控单向阀

（1）型号说明



（2）机能型式（见图22.7-139）





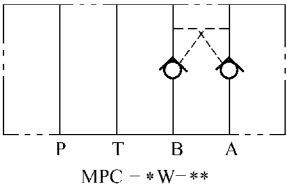


图22.7-139　机能符号

（3）技术规格（见表 22.7-216）

表 22.7-216　技术规格

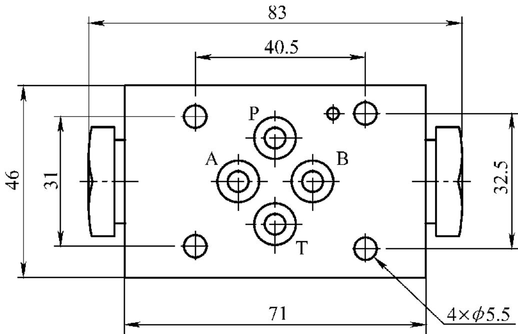
型　　号	最高工作压力/MPa	额定工作压力/MPa	最大流量/L·min^{-1}	重量/kg
MPC-02A/B/W-**	31.5	25	35.0	1.1
MPC-03A/B/W-**			70.0	2.6
MPC-04A/B/W-**			300.0	5.5
MPC-06A/B/W-**			190.0	12.5
使用油液	ISO VG 32，46，68	油液清洁度要求	≤NAS12 级，25μm	
粘度范围/mm^2·s^{-1}	10～400	表面处理	磷酸盐皮膜处理	
工作温度/℃	－15～70			

（4）外形尺寸（见表 22.7-217）

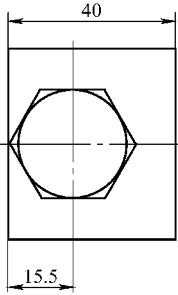
表 22.7-217　外形尺寸

MPC-02 系列外形尺寸

MPC-02A/B/W-**

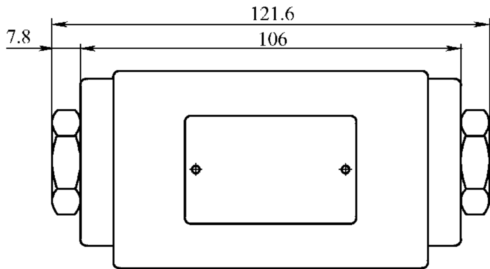


安装面：ISO 4401-AB-03-4-A

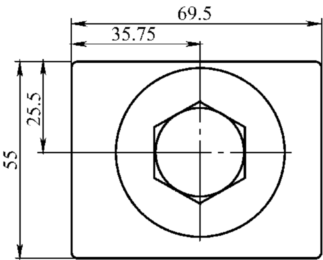


MPC-03 系列外形尺寸

MPC-03A/B/W-**



安装面：ISO 4401-AC-05-4-A



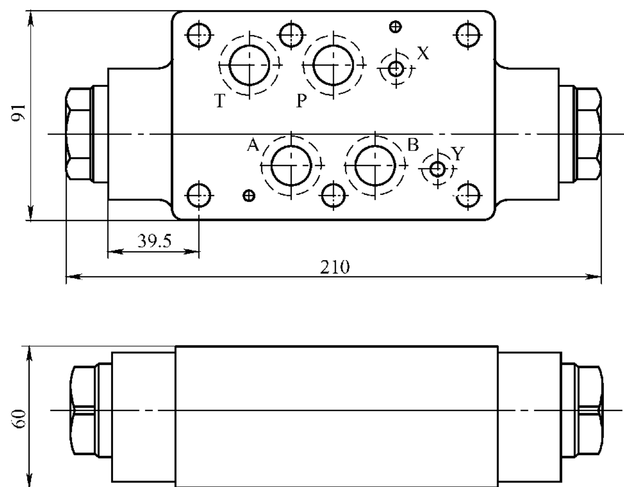
26　54　4×φ6.6
T　T
46
A　B
P

（续）

MPC-04 系列外形尺寸

MPC−04A/B/W−**

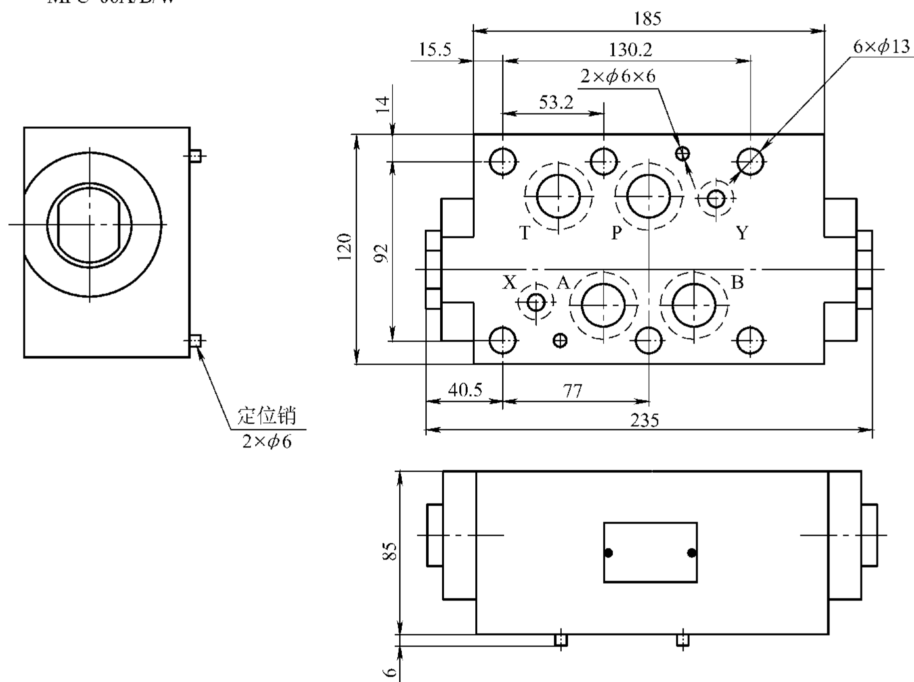
安装面：ISO 4401−AD−07−4−A



MPC-06 系列外形尺寸

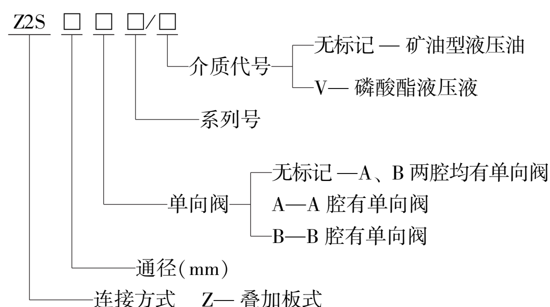
MPC−06A/B/W−**

安装面：ISO 4401−AE−08−4−A



5.2.5　力士乐系列叠加液控单向阀

（1）型号说明



（2）图形符号

力士乐叠加式液控单向阀机能符号见图 22.7-140。

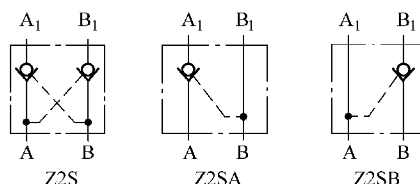


图 22.7-140　液控单向阀图形符号

（3）技术规格

力士乐叠加式液控单向阀的技术规格见表 22.7-218。

表 22.7-218　力士乐叠加式液控单向阀的技术规格

通径	6	10	16	22
型式	Z2S，Z2S…A，Z2S…B			
工作压力/MPa	31.5			
流动方向开启压力/MPa	1 型：0.15 2 型：0.3 3 型：0.7	1	1	2.5
面积比	$\frac{A_1}{A_2}=\frac{1}{3}$	$\frac{A_1}{A_2}=\frac{1}{2.78}$　$\frac{A_3}{A_2}=\frac{1}{16}$	$\frac{A_1}{A_2}=\frac{1}{11.88}$　$\frac{A_3}{A_2}=\frac{1}{2.77}$	$\frac{A_1}{A_2}=\frac{1}{12.3}$　$\frac{A_3}{A_2}=\frac{1}{2.78}$
最大流量/L·min^{-1}	60	80	200	360
重量/kg	0.8	2	11.7	11.7

注：北京华德液压工业集团有限公司生产的新 50、60 系列可使最大流量达到 450L/min。

（4）外形尺寸(见图 22.7-141 ~ 图 22.7-144)

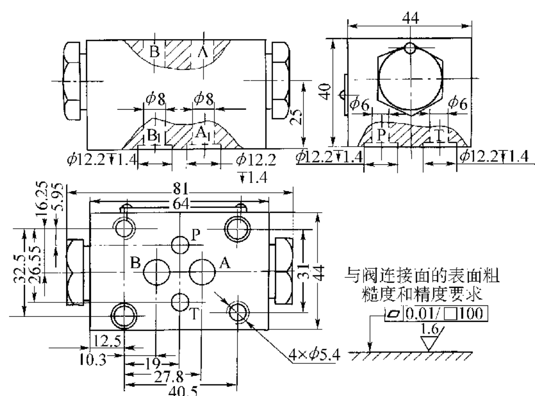


图 22.7-141　Z2S-6 型叠加式液控单向阀的外形尺寸

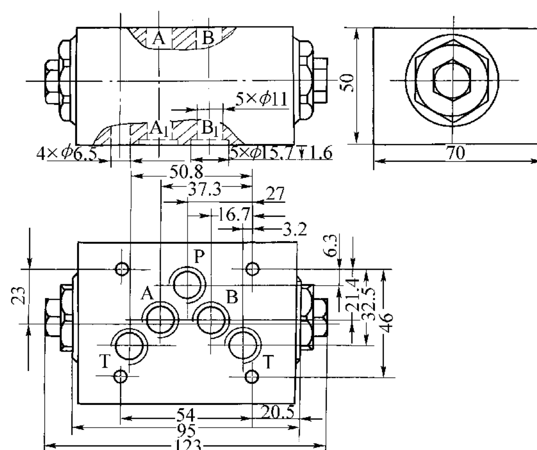


图 22.7-142　Z2S-10 型叠加式液控单向阀的外形尺寸

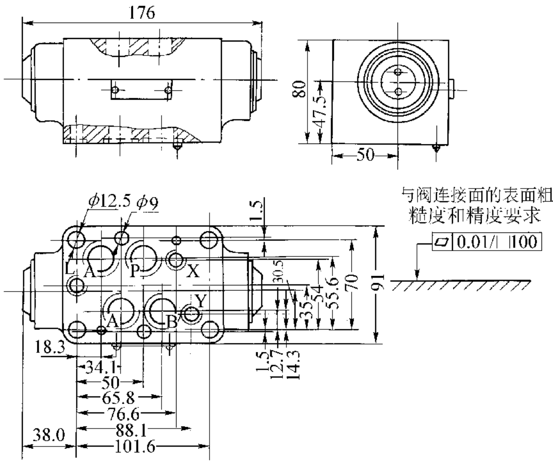


图22.7-143 Z2S-16型叠加式液控单向阀的外形尺寸

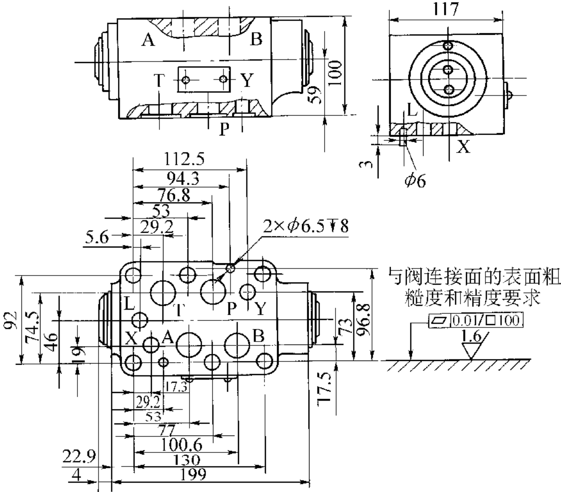


图22.7-144 Z2S-22型叠加式液控单向阀的外形尺寸

5.2.6 油研系列叠加液控单向阀

(1) 型谱

油研系列叠加液控单向阀的型谱见表22.7-219。

表22.7-219 油研系列叠加式液控单向阀型谱表

规格	名称及型号	符号	最高使用压力/MPa	开启压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹
01规格(1/8in)	叠加式液控单向阀(A管路用)MPA-01-*-40 ①	P T B A ① ② ③ a)	25	2型:0.2 4型:0.4	35
	叠加式液控单向阀(B管路用)MPB-01-*-40 ②				
	叠加式液控单向阀(A、B管路用)MPW-01-*-40 ③				
03规格(3/8in)	叠加式液控单向阀(A管路用)MPA-03-*-20 ④	P T B A ④ ⑤ ⑥ b)	25	2型:0.2 4型:0.4	70
	叠加式液控单向阀(B管路用)MPB-03-*-20 ⑤				
	叠加式液控单向阀(A、B管路用)MPW-03-*-20 ⑥				
06规格(3/4in)	叠加式液控单向阀(A管路用内部先导,内部泄油)MPA-06-*-10 ⑦	P T Y X B A ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ c)	25	2型:0.2 4型:0.4	125
	叠加式液控单向阀(A管路用外部先导,外部泄油)MPA-06-*-X-10 ⑧				
	叠加式液控单向阀(A管路用外部先导,内部泄油)MPA-06-*-X-10 ⑨				

（续）

规格	名称及型号	符　　号	最高使用压力 /MPa	开启压力 /MPa	最大流量 /L · min⁻¹
06 规格（3/4in）	叠加式液控单向阀（B 管路用 内部先导，内部泄油）MPB-06-＊-10 ⑩	c)	25	2 型：0. 2 4 型：0. 4	125
	叠加式液控单向阀（B 管路用 外部先导，内部泄油）MPB-06＊-＊-Y-10 ⑪				
	叠加式液控单向阀（B 管路用 外部先导，内部泄油）MPB-06＊-＊-Y-10 ⑫				
	叠加式液控单向阀（A、B 管路用 内部先导，内部泄油）MPW-06-＊-10 ⑬				
10 规格（$1^1/_4$in）	叠加式液控单向阀（A 管路用 内部先导，内部泄油）MPA-10-＊-10 ⑭	d)	25	2 型：0. 2 4 型：0. 4	250
	叠加式液控单向阀（A 管路用 外部先导，外部泄油）MPA-10＊-＊-X-10 ⑮				
	叠加式液控单向阀（A 管路用 外部先导，内部泄油）MPA-10＊-＊-Y-10 ⑯				
	叠加式液控单向阀（B 管路用 内部先导，内部泄油）MPB-10-＊-10 ⑰				
	叠加式液控单向阀（B 管路用 外部先导，内部泄油）MPB-10＊-＊-X-10 ⑱				
	叠加式液控单向阀（B 管路用 外部先导，内部泄油）MPB-10＊-＊-Y-10 ⑲				
	叠加式液控单向阀（A、B 管路用 内部先导，内部泄油）MPW-10-＊-10 ⑳				

（2）外形尺寸

油研系列叠加液控单向阀的外形尺寸见图22.7-145～图22.7-148。

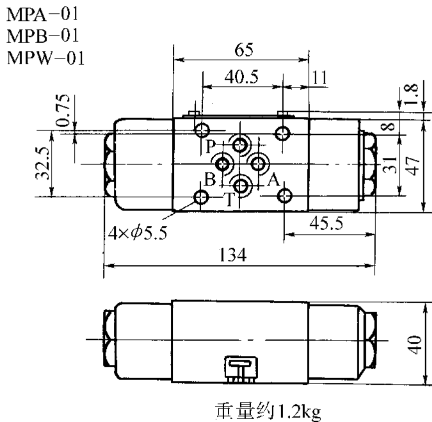


图22.7-145　MPA-01、MPB-01、MPW-01型叠加式液控单向阀外形尺寸图

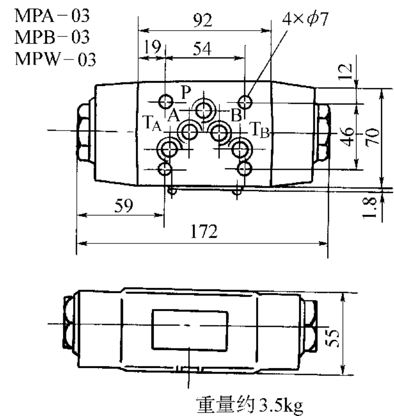
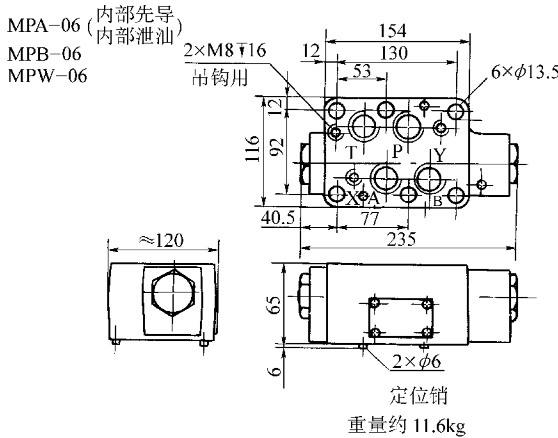
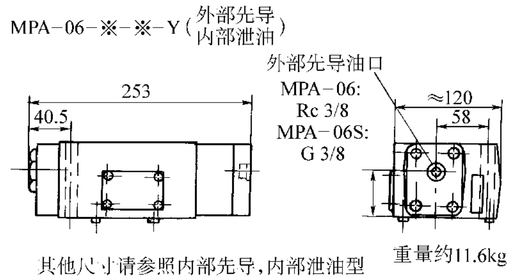
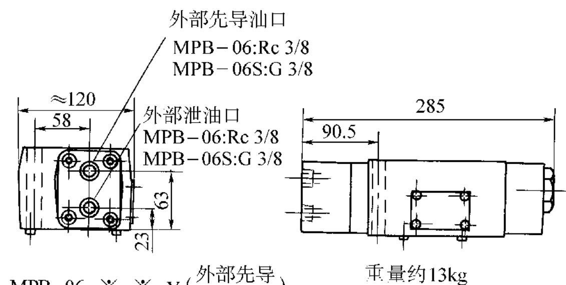
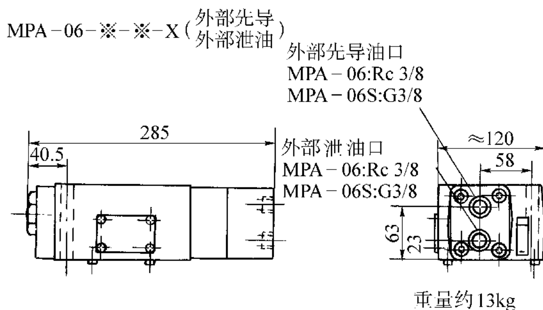


图22.7-146　MPA-03、MPB-03、MPW-03型叠加式液控单向阀外形尺寸图









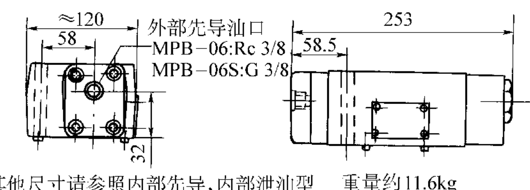


图22.7-147　MPA-06、MPB-06、MPW-06型叠加式液控单向阀外形尺寸图

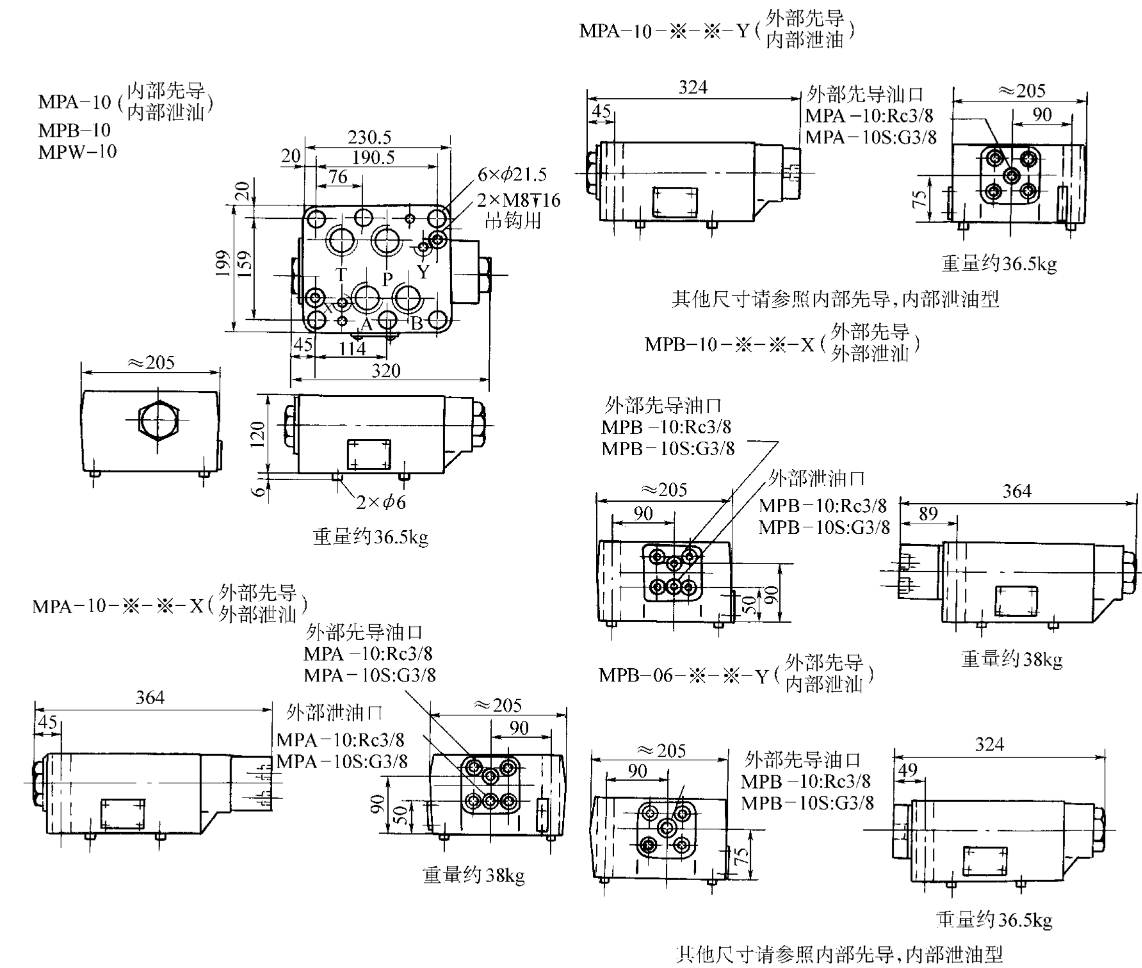


图 22.7-148　MPA-10、MPB-10、MPW-10 叠加式液控单向阀的外形尺寸图

5.2.7　威格士系列叠加液控单向阀

威格士系列叠加液控单向阀的型谱见表 22.7-220。

表 22.7-220　威格士系列叠加液控单向阀的型谱

规　　格	型　　号	符　　号	最高工作压力/MPa	开启压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹
2 规格	DGMPC-2-AB＊-BA＊①	P T B A ① ② ③ a)	25	K 型：0.1 M 型：0.25	30
	DGMPC-2-AB＊②				
	DGMPC-2-BA＊③				

（续）

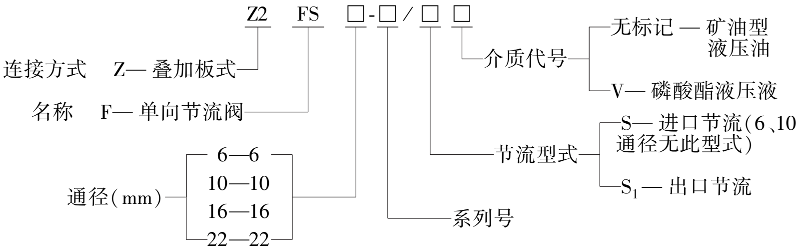
规　格	型　号	符　号	最高工作压力/MPa	开启压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹
3规格	DGMPC-3-(D)AB*-(D)BA*④	b)	31.5	K型：0.1 M型：0.25 N型：0.5	60
	DGMPC-3-(D)AB*⑤				
	DGMPC-3-(D)BA*⑥				
5规格	DGMPC-5-BA*-30⑦	c)	31.5	K型：0.1 M型：0.25 N型：0.5	120
	DGMPC-5-AB*-30⑧				
	DGMPC-5-AB*-BA*-30⑨				

注：生产厂：榆次油研液压有限公司。外形尺寸见生产厂家产品样本。

5.3　叠加式流量阀

5.3.1　力士乐系列叠加单向节流阀

（1）型号说明



力士乐系列的叠加式单向节流阀全部是双单向节流阀。

（2）图形符号(见图22.7-149)

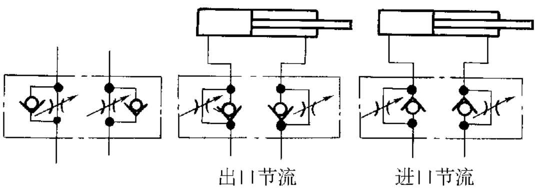


图22.7-149　叠加双单向节流阀图形符号

（3）技术规格

叠加双单向节流阀的技术规格(见表22.7-221)。

表22.7-221　叠加式双单向节流阀的技术规格

通径/mm	6	10	16	22
工作压力/MPa	31.5	31.5	31.5	31.5
重量/kg	0.8	0.8	—	—

（4）外形尺寸

各种型号阀的外形尺寸见图22.7-150～图22.7-153。

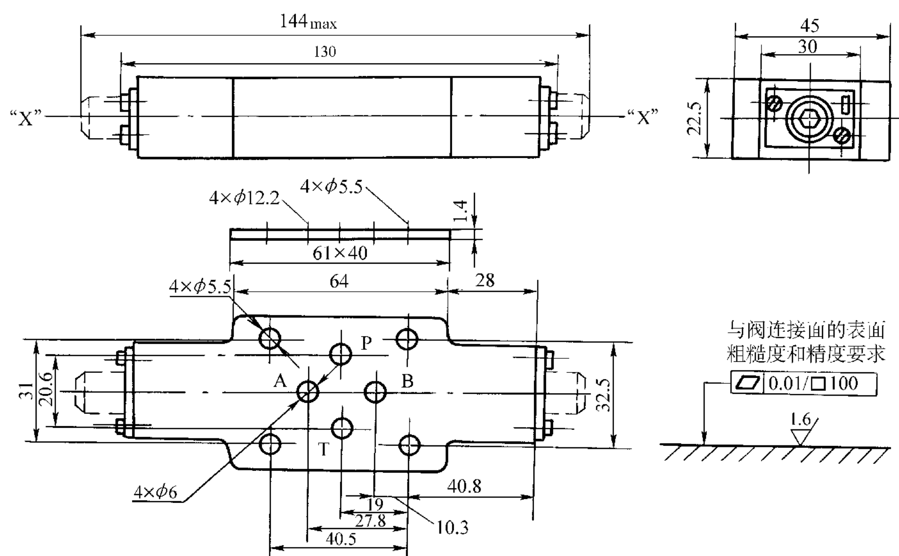


图 22.7-150 Z2FS6 型叠加式节流阀的外形尺寸

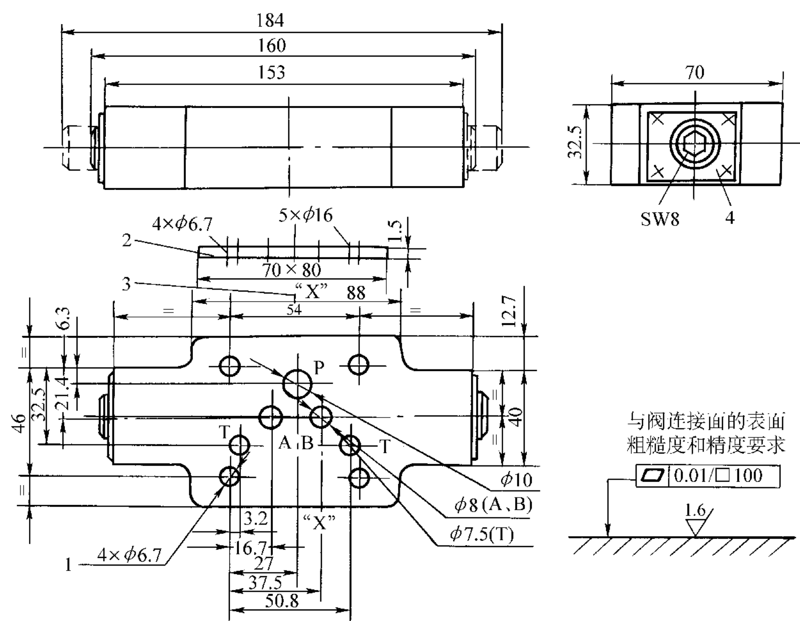


图 22.7-151 Z2FS10 型叠加式节流阀的外形尺寸

A、B、P、T—油口 1—安装孔 2—密封圈隔板 3—将进口节流改为出口节流时，把阀绕“X-X”轴旋转 180°即可 4—标牌

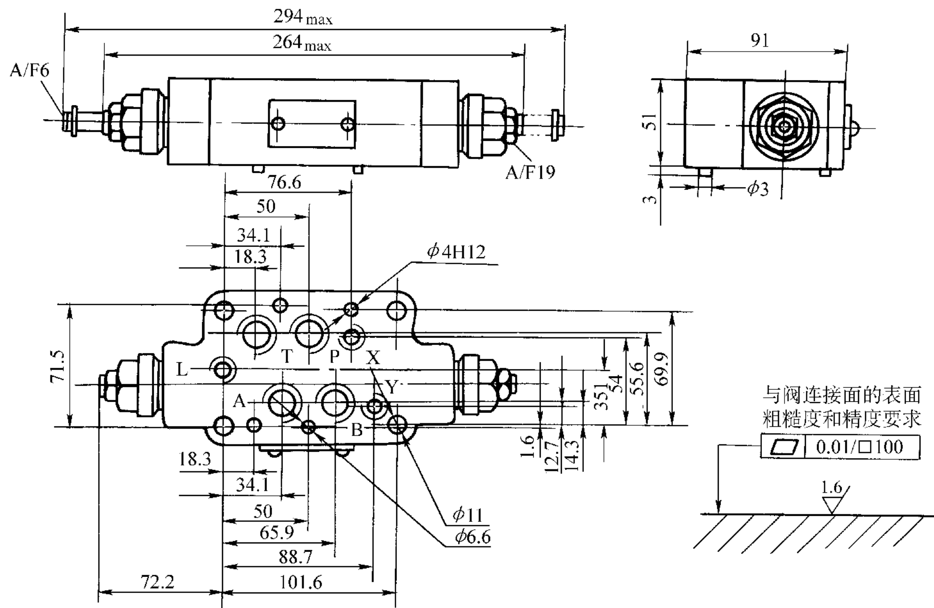


图 22.7-152　Z2FS16 型叠加式节流阀的外形尺寸

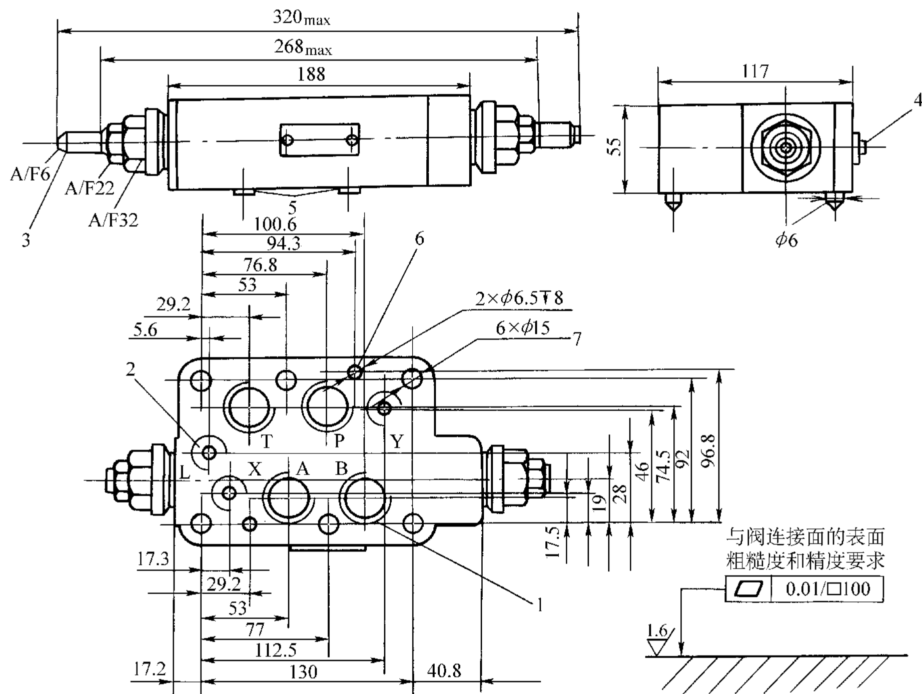


图 22.7-153　Z2FS22 型叠加式节流阀的外形尺寸

1—用于油口 A、B、P、T 的 O 形密封圈　2—用于油口 X、Y、L 的 O 形密封圈　3—调节螺栓，左旋时，节流口关小　4—标牌　5—两个定位销　6—定位销孔　7—6 个安装孔

注：生产厂家：沈阳液压件制造有限公司；北京华德液压集团有限公司；上海立新液压件公司

5.3.2　油研系列叠加式节流阀

（1）型谱

油研系列叠加节流阀的型谱见表 22.7-222。

表 22.7-222　油研系列叠加节流阀的型谱

<table>
<tr><th>规格</th><th>名称及型号</th><th>符　　号</th><th>最高使用压力/MPa</th><th>最高使用压差/MPa</th><th>最大调整流量/L・min⁻¹</th><th>最小调整流量/L・min⁻¹</th><th>最大自由流量/L・min⁻¹</th></tr>
<tr><td rowspan="13">01 规格
(1/8in)</td><td>温度补偿式
叠加式单向节流阀
(A 管路,出口节流用)
MSTA-01-X-10 ①</td><td rowspan="5">P T B A
①
②
③
④
⑤
a)</td><td rowspan="13">25</td><td rowspan="3">14</td><td rowspan="3">35</td><td rowspan="3">0.5</td><td rowspan="3">35</td></tr>
<tr><td>温度补偿式
叠加式单向节流阀
(B 管路,出口节流用)
MSTB-01-X-10 ②</td></tr>
<tr><td>温度补偿式
叠加式单向节流阀
(A、B 管路,
出口节流用)
MSTW-01-X-10 ③</td></tr>
<tr><td>叠加式节流阀
(P 管路用)
MSP-01-30 ④</td><td rowspan="10">—</td><td rowspan="10">35</td><td rowspan="10">—</td><td rowspan="10">—</td></tr>
<tr><td>叠加式单向节流阀
(P 管路用)
MSCP-01-30 ⑤</td></tr>
<tr><td>叠加式单向节流阀
(A 管路,出口节流用)
MSA-01-X-30 ⑥</td><td rowspan="8">P T B A
⑥
⑦
⑧
⑨
⑩
⑪
⑫
⑬
b)</td></tr>
<tr><td>叠加式单向节流阀
(A 管路,入口节流用)
MSA-01-Y-30 ⑦</td></tr>
<tr><td>叠加式单向节流阀
(B 管路,出口节流用)
MSB-01-X-30 ⑧</td></tr>
<tr><td>叠加式单向节流阀
(B 管路,入口节流用)
MSB-01-Y-30 ⑨</td></tr>
<tr><td>叠加式单向节流阀
(A、B 管路,
出口节流用)
MSW-01-X-30 ⑩</td></tr>
<tr><td>叠加式单向节流阀
(A、B 管路,
入口节流用)
MSW-01-Y-30 ⑪</td></tr>
<tr><td>叠加式单向节流阀
(A、B 管路,出口节流
入口节流用)
MSW-01-XY-30 ⑫</td></tr>
<tr><td>叠加式单向节流阀
(A、B 管路,入口节流
出口节流用)
MSW-01-YX-30 ⑬</td></tr>
</table>

（续）

规格	名称及型号	符　　号	最高使用压力/MPa	最高使用压差/MPa	最大调整流量/L·min^{-1}	最小调整流量/L·min^{-1}	最大自由流量/L·min^{-1}
03 规格（3/8in）	温度补偿式叠加式单向节流阀（A 管路，出口节流用）MSTA-03-X-20 ⑭	c)	25	25	70	2	70
	温度补偿式叠加式单向节流阀（B 管路，出口节流用）MSTB-03-X-20 ⑮						
	温度补偿式叠加式单向节流阀（A、B 管路，出口节流用）MSTW-03-X-20 ⑯						
	叠加式节流阀（P 管路用）MSP-03-30 ⑰	d)		—	70	—	—
	叠加式单向节流阀（P 管路用）MSCP-03-20 ⑱						
	叠加式单向节流阀（A 管路，出口节流用）MSA-03-X-30 ⑲						
	叠加式单向节流阀（A 管路，入口节流用）MSA-03-Y-30 ⑳						
	叠加式单向节流阀（B 管路，出口节流用）MSB-03-X-30 ㉑						
	叠加式单向节流阀（B 管路，入口节流用）MSB-03-Y-30 ㉒						
	叠加式单向节流阀（A、B 管路，出口节流用）MSW-03-X-30 ㉓						
	叠加式单向节流阀（A、B 管路，入口节流用）MSW-03-Y-30 ㉔						
06 规格（3/4in）	叠加式单向节流阀（A 管路出口节流用）MSA-06-X※-10 ㉕	e)	25	—	125	—	—
	叠加式单向节流阀（A 管路进口节流用）MSA-06-Y※-10 ㉖						
	叠加式单向节流阀（B 管路出口节流用）MSA-06-X※-10 ㉗						

（续）

规格	名称及型号	符　号	最高使用压力/MPa	最高使用压差/MPa	最大调整流量/$L \cdot min^{-1}$	最小调整流量/$L \cdot min^{-1}$	最大自由流量/$L \cdot min^{-1}$
06 规格（3/4in）	叠加式单向节流阀（B 管路进口节流用）MSB-06-Y※-10 ㉘	P T Y X B A ㉘ ㉙ ㉚ f)	25	—	125	—	—
	叠加式单向节流阀（A、B 管路出口节流用）MSW-06-X※-10 ㉙						
	叠加式单向节流阀（A、B 管路进口节流用）MSW-06-Y※-10 ㉚						
10 规格（$1^1/_4$in）	叠加式单向节流阀（A 管路、出口节流用）MSA-10-X※-10 ㉛	P T Y X B A ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ g)	25	—	250	—	—
	叠加式单向节流阀（A 管路、进口节流用）MSA-10-Y※-10 ㉜						
	叠加式单向节流阀（B 管路、出口节流用）MSB-10-X※-10 ㉝						
	叠加式单向节流阀（B 管路、进口节流用）MSB-10-Y※-10 ㉞						
	叠加式单向节流阀（A、B 管路、出口节流用）MSW-10-X※-10 ㉟						
	叠加式单向节流阀（A、B 管路、进口节流用）MSW-10-Y※-10 ㊱						

注：生产厂：榆次油研液压有限公司。

(2) 外形尺寸

油研系列叠加节流阀的外形尺寸见图22.7-154～163。

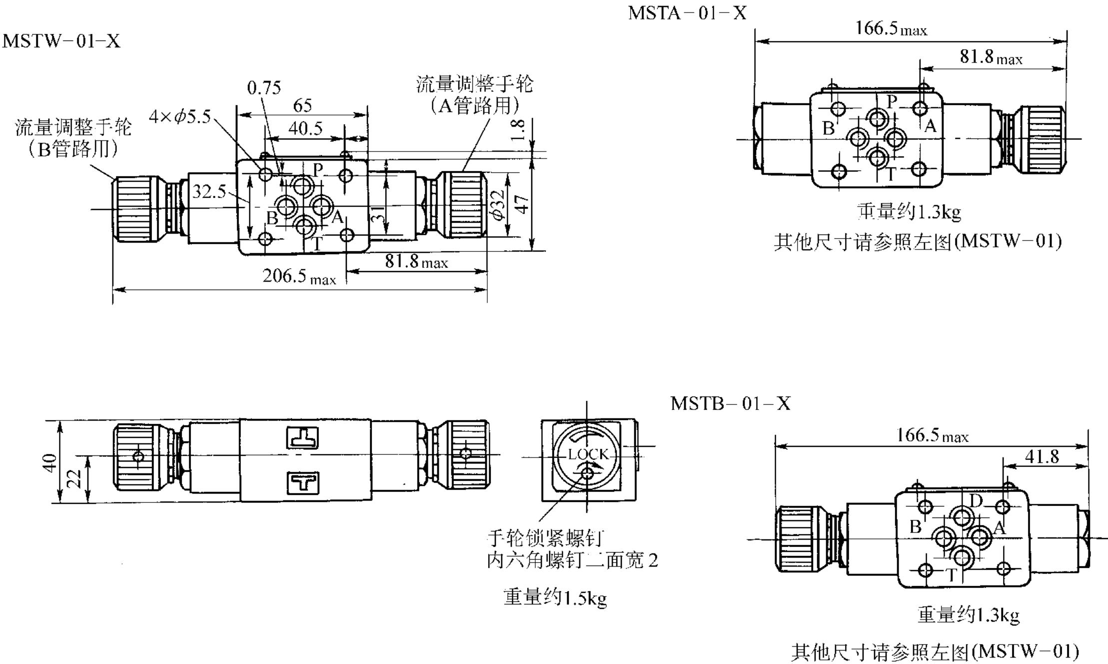


图22.7-154 MSTW-01、MSTA-01及MSTB-01叠加式节流阀的外形尺寸

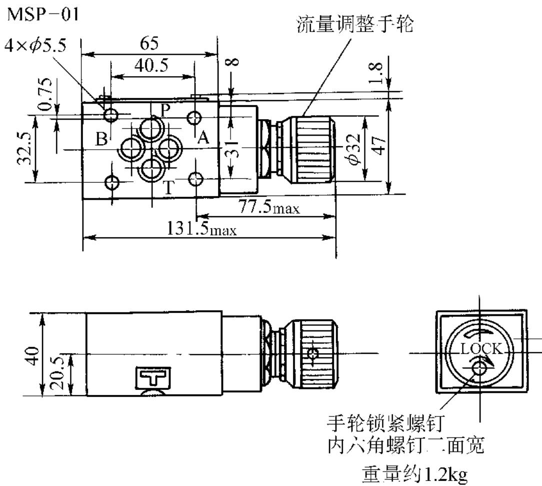


图22.7-155 MSP-01型叠加式节流阀的外形尺寸

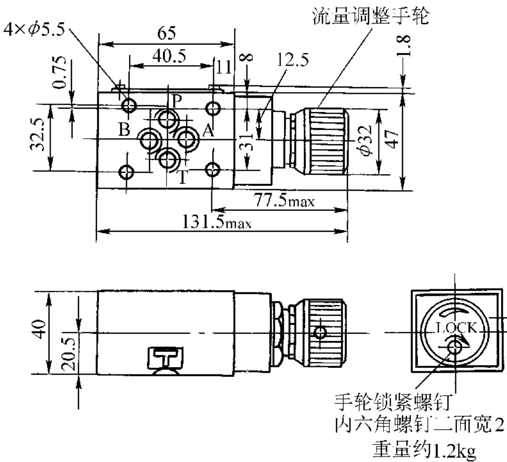


图22.7-156 MSCP-01型叠加式节流阀的外形尺寸

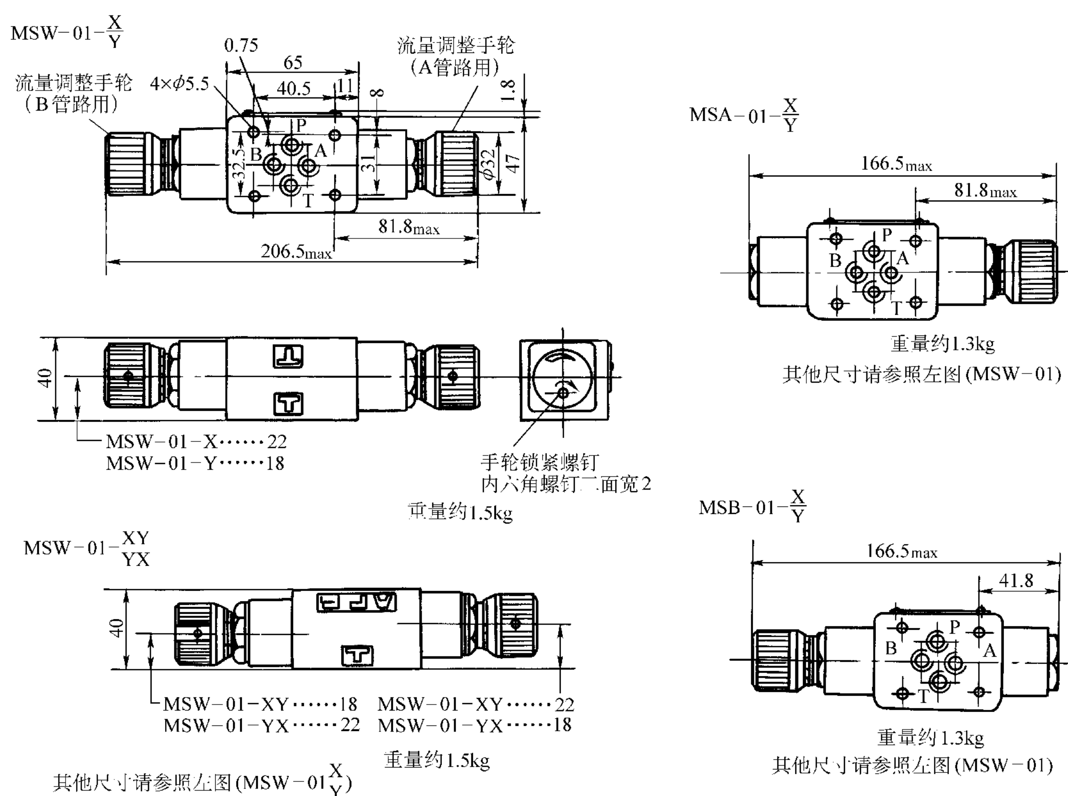


图 22. 7-157　MSA-01、MSB-01、MSW-01 型叠加式节流阀的外形尺寸

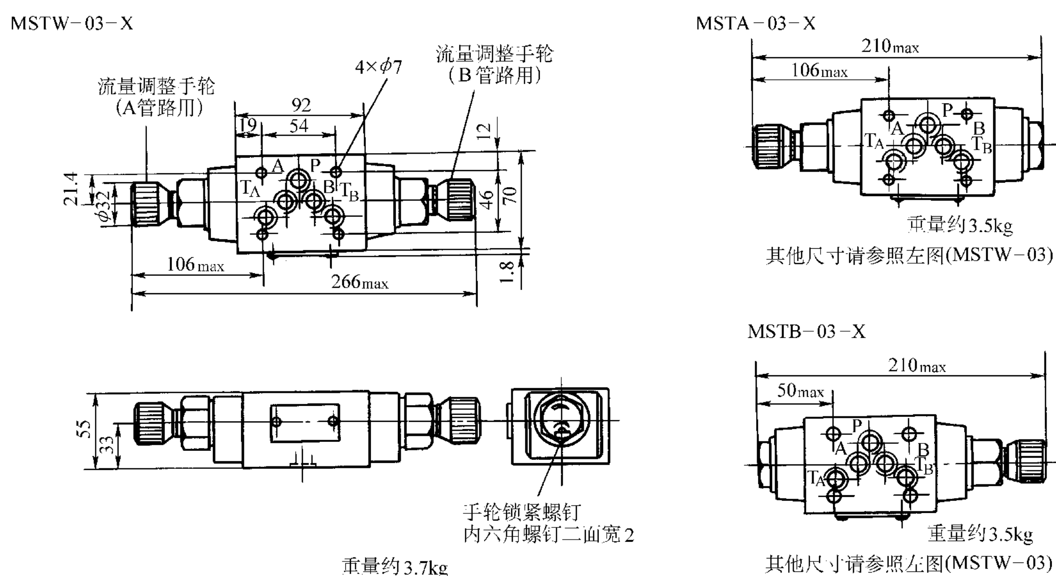


图 22. 7-158　MSTW-01、MSTA-03 及 MSTB-03 型叠加式节流阀的外形尺寸

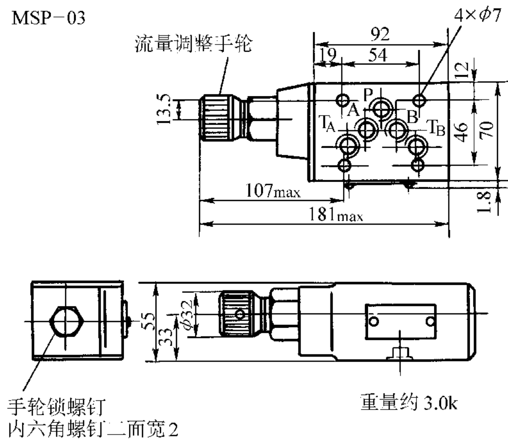


图22.7-159　MSP-03型叠加式节流阀的外形尺寸

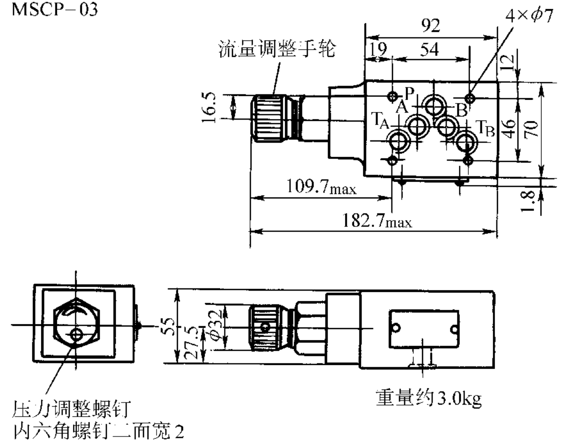
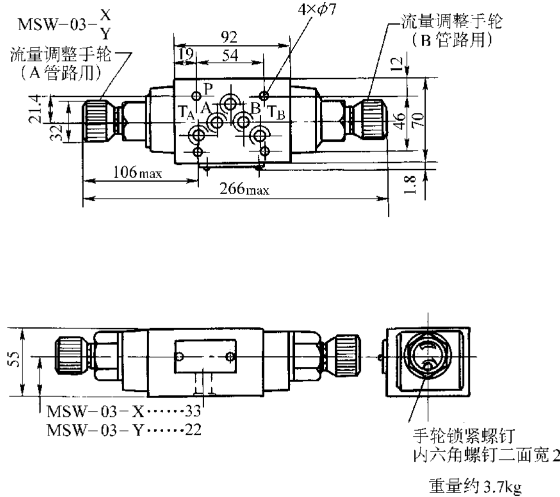


图22.7-160　MSCP-03型叠加式节流阀的外形尺寸



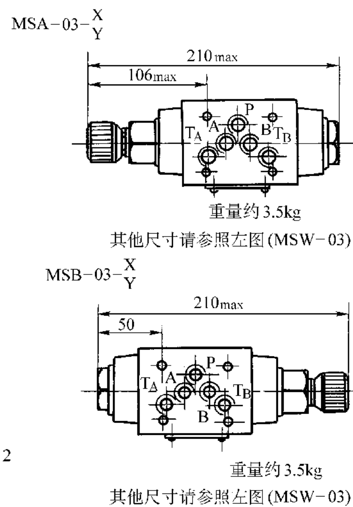
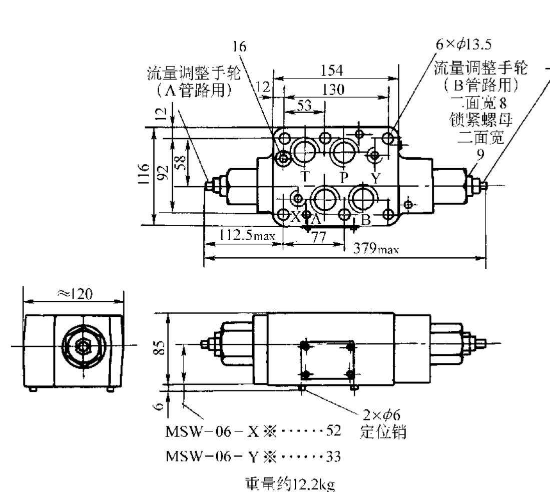


图22.7-161　MSW-03、MSA-03、MSB-03型叠加式节流阀的外形尺寸



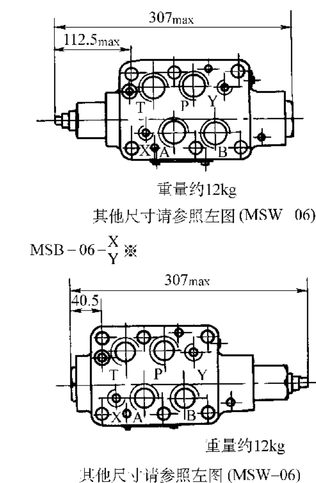


图22.7-162　MSW-06、MSA-06、MSB-06型叠加式节流阀的外形尺寸

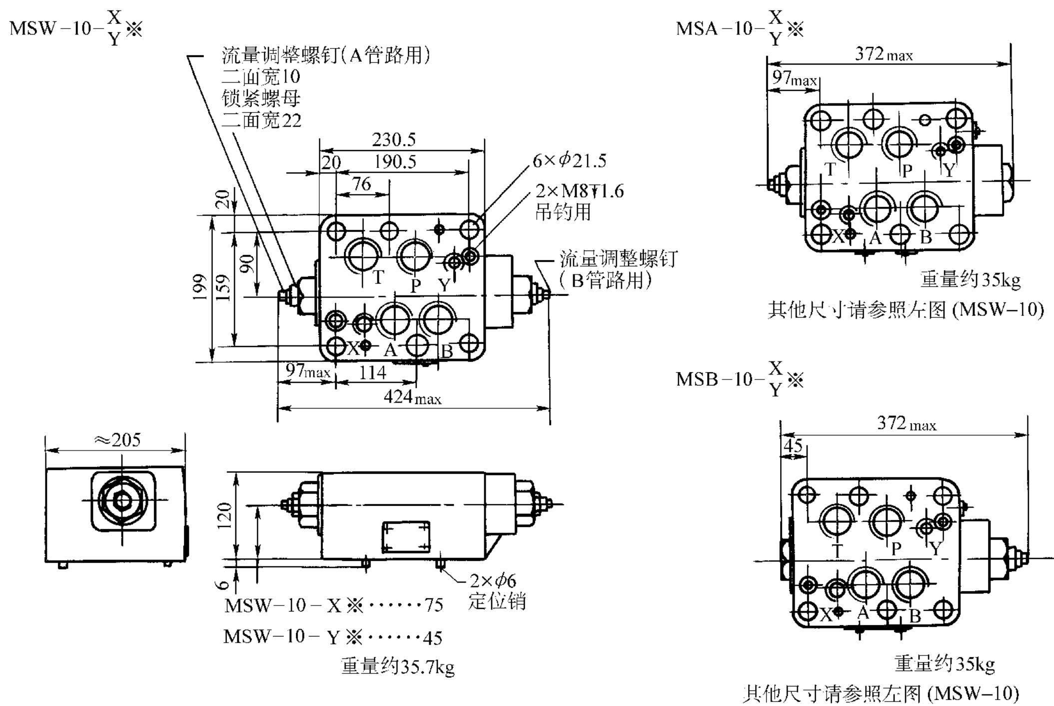


图 22.7-163　MSW-10、MSA-10、MSB-10 型叠加式节流阀的外形尺寸

5.3.3　威格士系列叠加节流阀

威格士系列叠加节流阀的型谱见表 22.7-223。

表 22.7-223　威格士系列叠加节流阀的型谱

规格	型　号	符　号	最高使用压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹	重量/kg
2 规格	DGMFN-2-X-A * -B * ①	P T B A ①	25	30	0.42
	DGMFN-2-Z-P * ②	②			
	DGMFN-2-Y-A * -B * ③	③			
3 规格	DGMFN-3-X-A ** -B ** ④	P T B A ④	31.5	60	1.1
	DGMFN-3-Y-A ** -B ** ⑤	⑤			
	DGMFN-3-Z-P ** ⑥	⑥			
	DGMFN-3-Z-T ** ⑦	⑦			

（续）

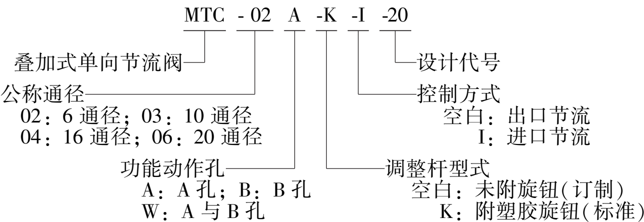
规格	型　　号	符　　号	最高使用压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹	重量/kg
5规格	DGMFN-5-X-P ** -30 ⑧		31.5	120	3.1
	DGMFN-5-Y-A ** -B ** -30 ⑨				
	DGMFN-5-Y-A ** -30 ⑩				
	DGMFN-5-X-B ** -30 ⑪				
	DGMFN-5-X-A ** -B ** -30 ⑫				
	DGMFN-5-X-A ** -30 ⑬				
	DGMFN-5-Y-B ** -30 ⑭				

生产厂：大连液压工业有限责任公司。外形尺寸见厂家产品样本。

5.3.4 MTC型叠加式单向节流阀

MTC型叠加式单向节流阀有多种动作方式可供选择；阀体铸铁强度高且耐久性好，寿命长；内部硬钢元件提高产品寿命；塑胶旋钮或六角螺钉两种压力调整选择。

（1）型号说明



（2）图形符号(见图22.7-164)

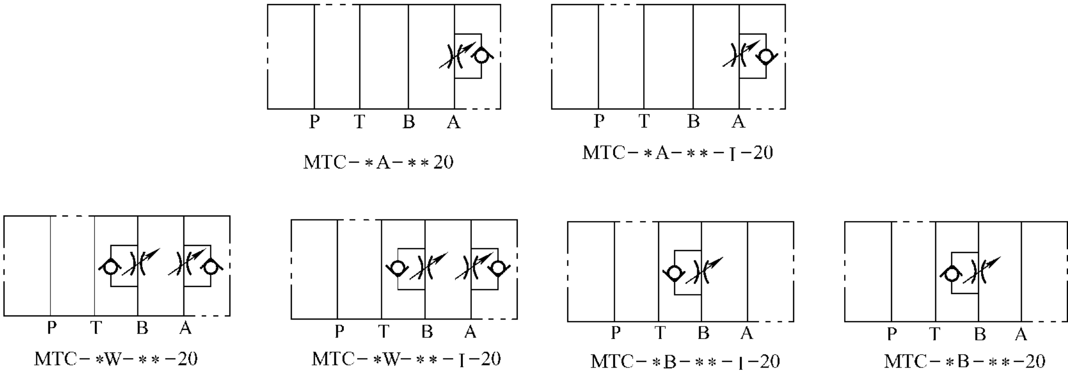


图22.7-164　图形符号

（3）技术规格(见表22.7-224)

表 22.7-224　技术规格

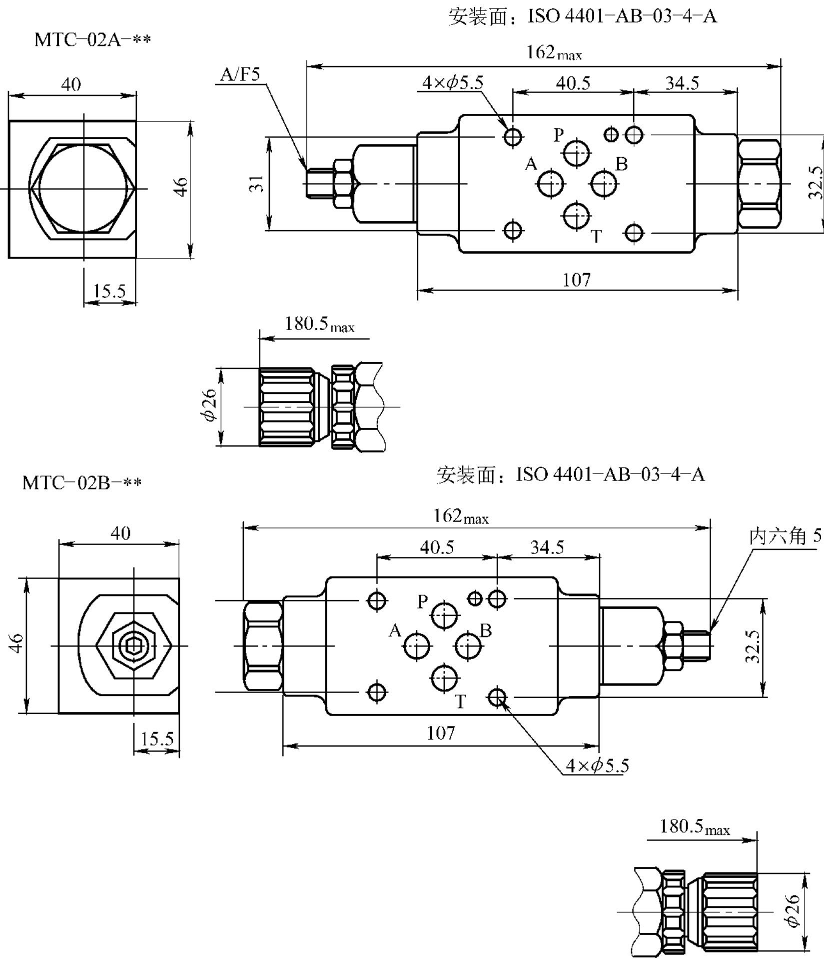
型　　号	最高工作压力/MPa	额定工作压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹	重量/kg
MTC-02A/B-**	31.5	25	35	1.2
MTC-02W-**				1.4
MTC-03A/B-**	31.5	25	70	2.6
MTC-03W-**				2.8
MTC-04A/B-**	31.5	25	300	5.0
MTC-04W-**				5.5
MTC-06A/B-**	31.5	25	190	12.2
MTC-06W-**				13.0
使用油液	ISO VG 32，46，68	油液清洁度要求	≤NAS12 级，25μm	
粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	10～400	表面处理	磷酸盐皮膜处理	
工作温度/℃	-15～70			

注：1. 流量设定：调整螺钉或把手顺时针方向调整流量增大，逆时针方向调整流量减小，流量调整后请锁紧六角螺母或塑胶安装螺母。
2. 生产厂：台湾涌镇实业股份有限公司。

（4）外形尺寸（见表 22.7-225）

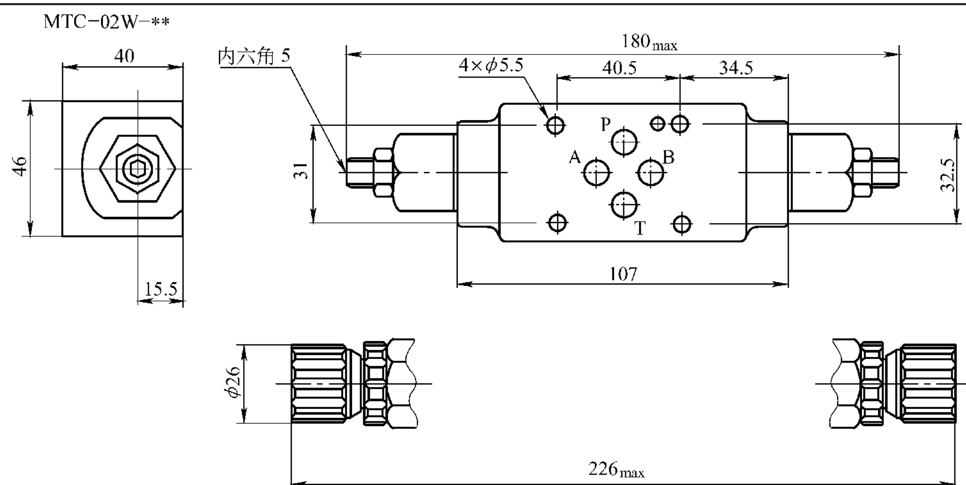
表 22.7-225　外形尺寸

MTC-02 系列外形尺寸



（续）

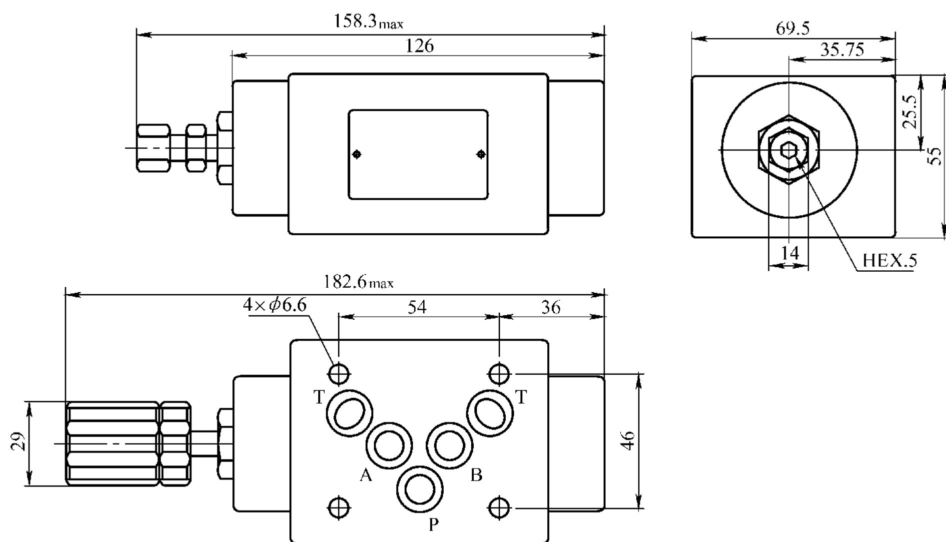
MTC-02W-**



MTC-03 系列外形尺寸

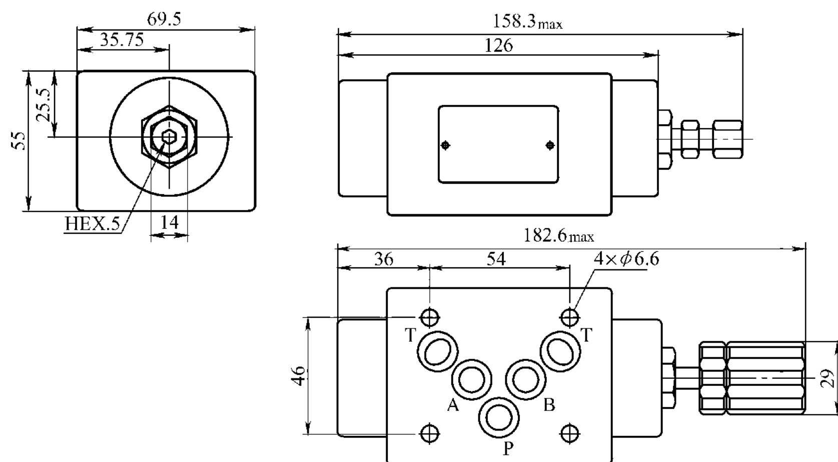
MTC-03A-**

安装面：ISO 4401-AB-03-4-A

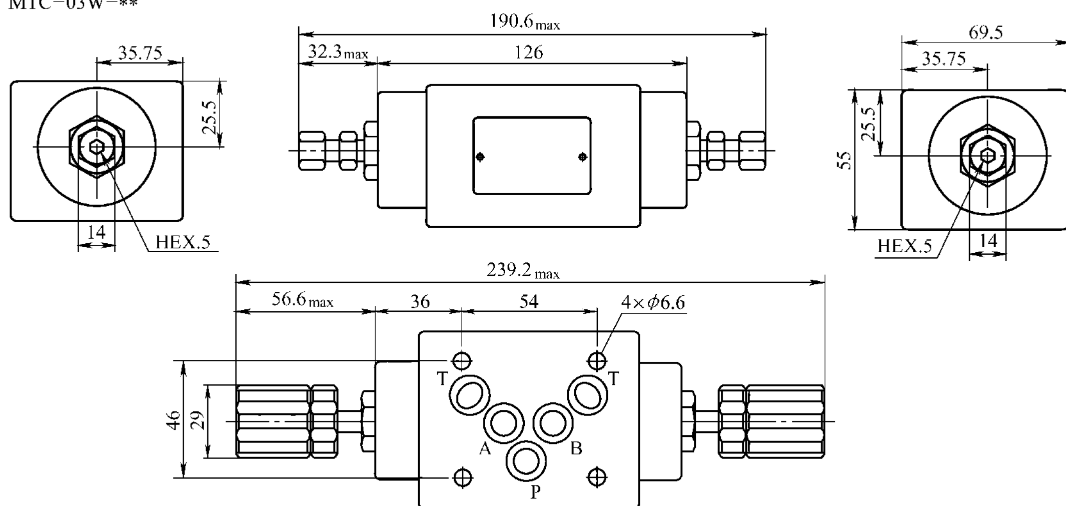


MTC-03B-**

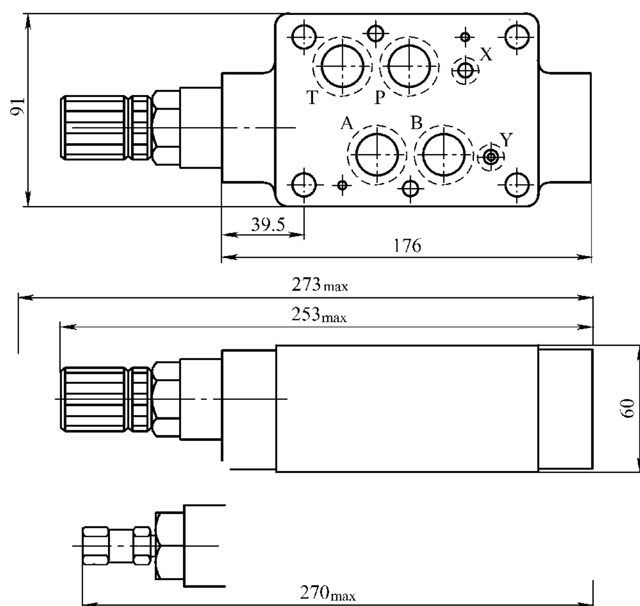
安装面：ISO 4401-AC-05-4-A



（续）

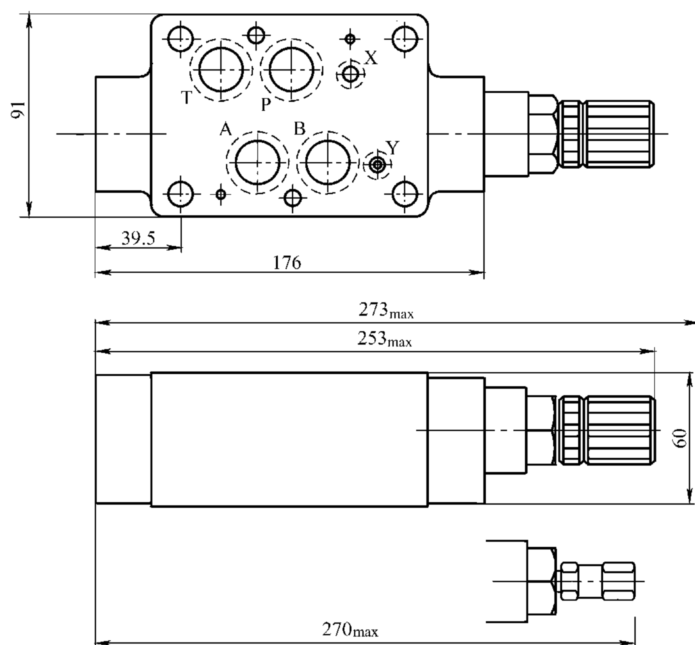


MTC-04 系列外形尺寸

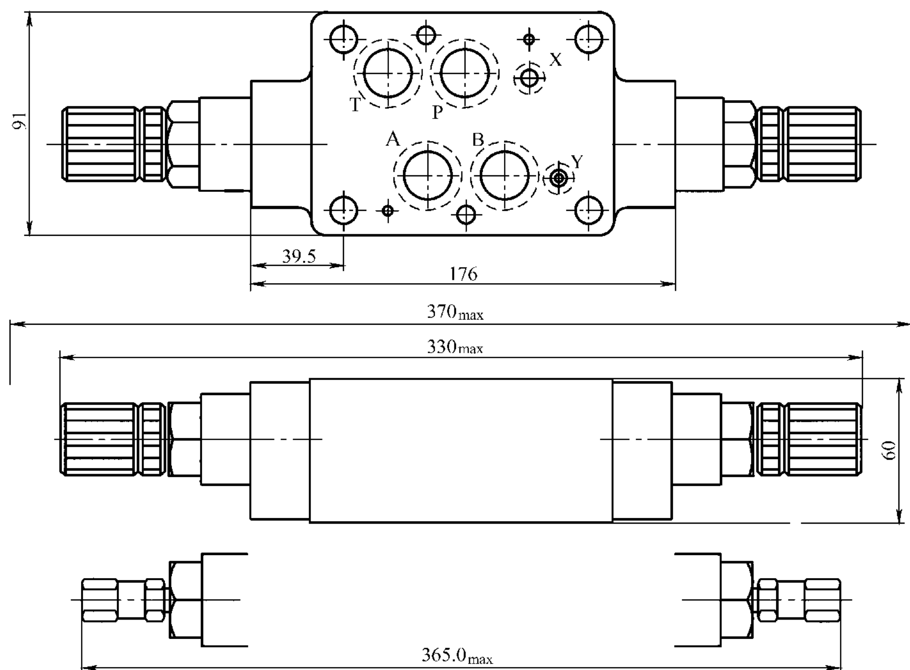


（续）

MTC-04B-**

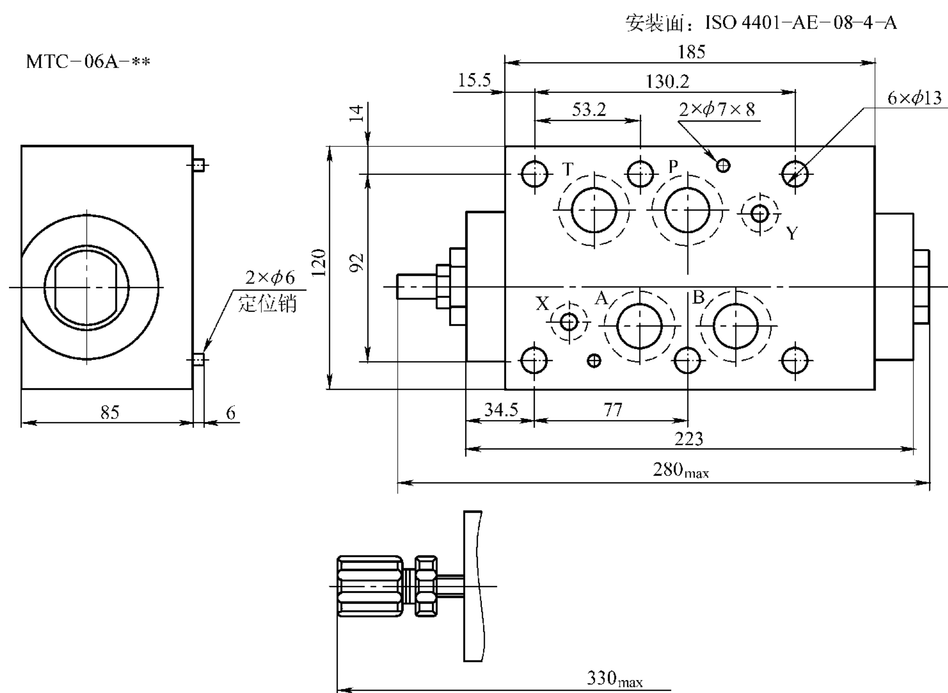


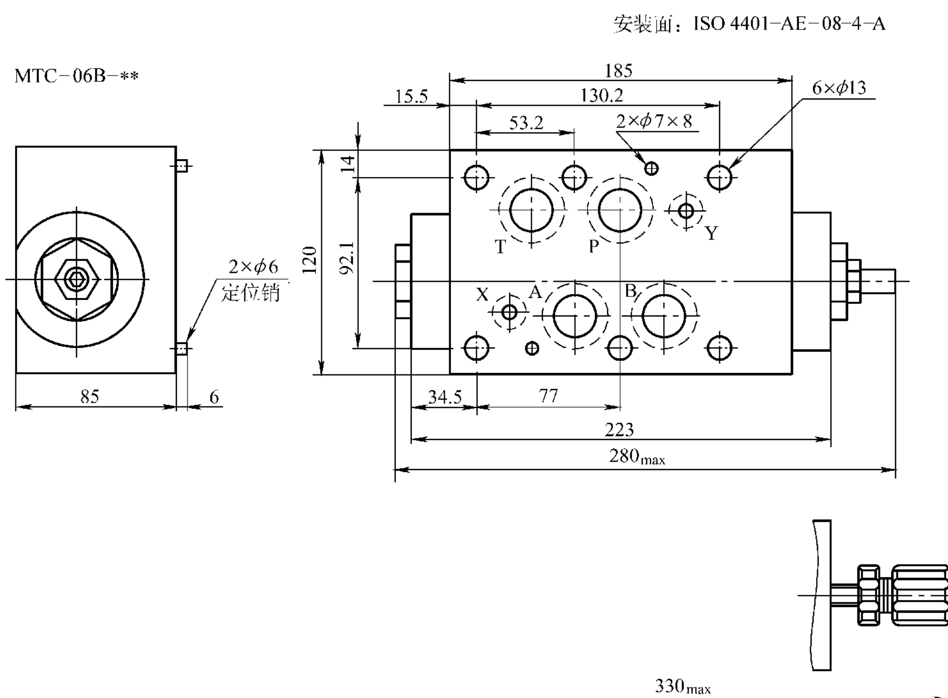
MTC-04W-**　　安装面：ISO 4401-AD-07-4-A



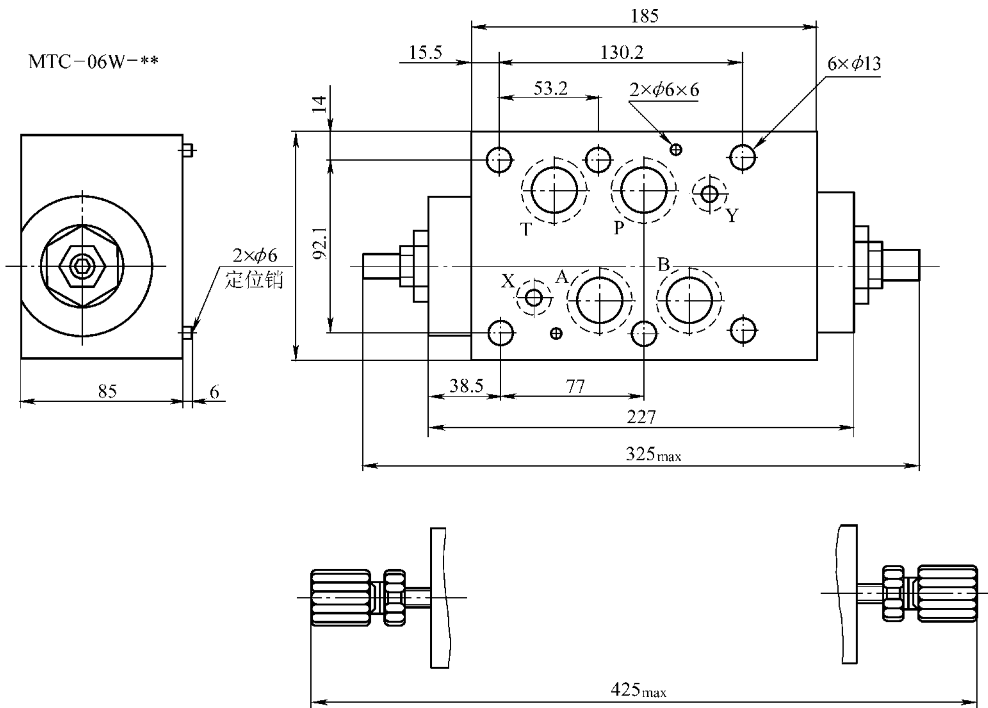
（续）

MTC-06 系列外形尺寸



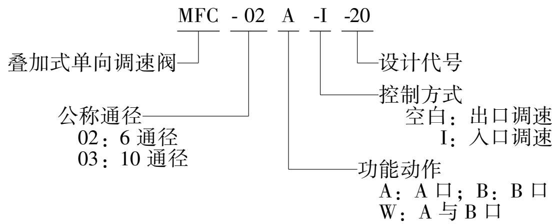


（续）



5.3.5　MFC型叠加式单向调速阀

（1）型号说明



（2）图形符号（见图22.7-165）

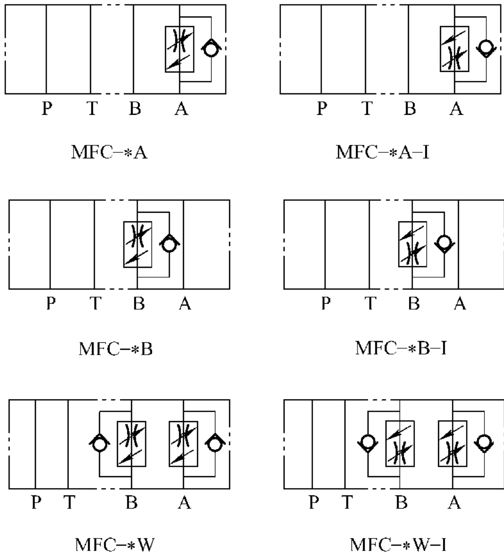


图22.7-165　图形符号

（3）技术规格（见表22.7-226）

表22.7-226　技术规格

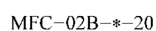
型　　号	额定工作压力/MPa	额定流量/L·min⁻¹
MFC-02＊-＊-20	25	23
MFC-03＊-＊-20		45

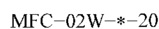
注：生产厂：台湾涌镇实业股份有限公司。

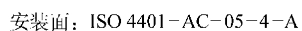
（4）外形尺寸(见表 22. 7-227)

表 22. 7-227　外形尺寸

MFC−02A−∗−20　　安装面：ISO 4401−AB−03−4−A



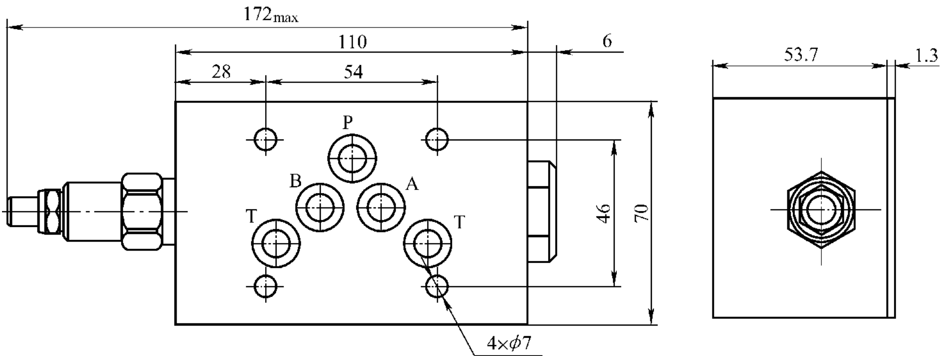




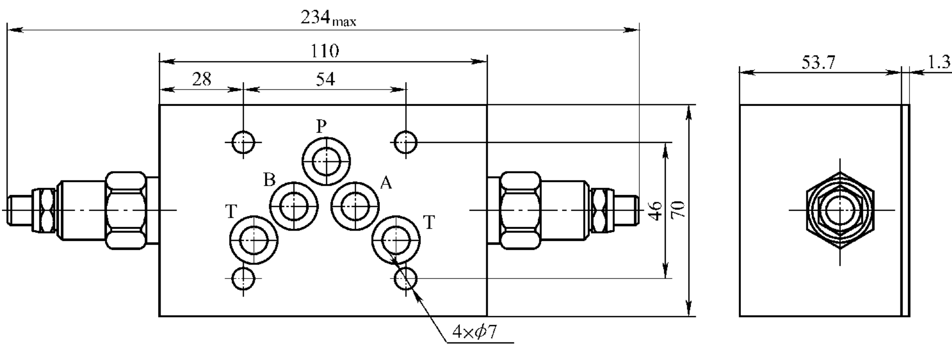
MFC−03A−∗−20

（续）

MFC-03B-*-20

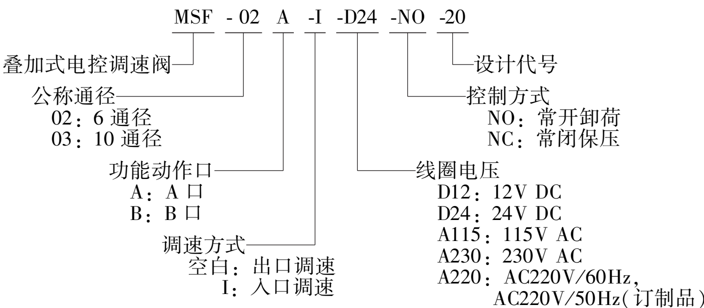


MFC-03W-*-20



5.3.6　MSF 型叠加式电控调速阀

（1）型号说明



（2）图形符号(见图 22.7-166)

（3）技术规格(见表 22.7-228)

表 22.7-228　技术规格

型　　号	最高工作压力/MPa	额定工作压力/MPa	最大流量/L·min^{-1}	重量/kg
MSF-02A/B-**	31.5	25	23	1.4
MSF-03A/B-**			45	4.2

注：生产厂家：台湾涌镇实业股份有限公司。

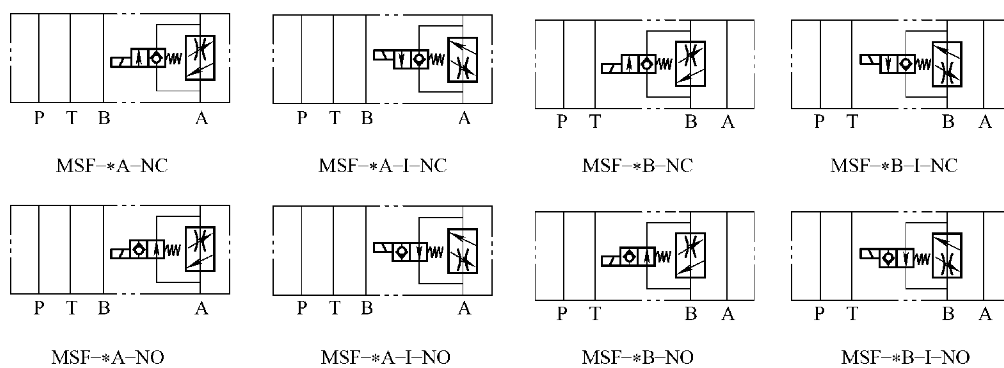


图 22. 7-166　图形符号

（4）外形尺寸(见表 22. 7-229)

表 22. 7-229　外形尺寸

MSF-02A-∗∗

安装面：ISO 4401-AB-03-4-A

195_{max}　78　1.3　38.7　95　48　34.5　40.5　P　A　B　T　31　32.5　46　4×ϕ5.5

插式接线端子　47

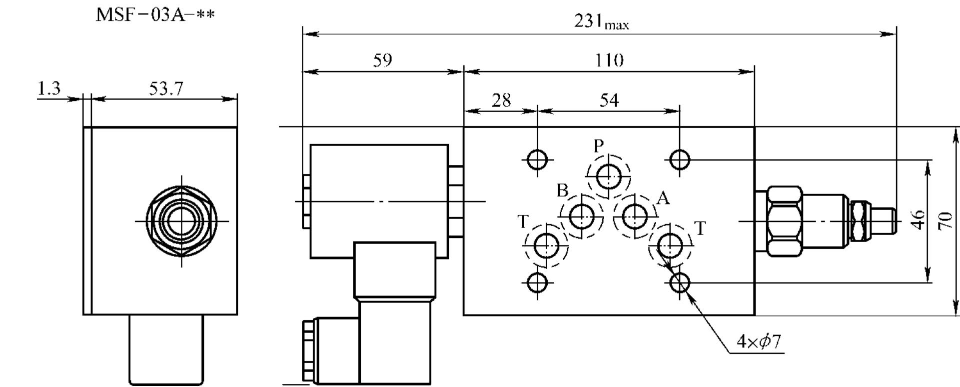
MSF-02B-∗∗

195_{max}　48　95　40.5　34.5　T　A　B　P　46　31　32.5　4×ϕ5.5　78　38.7　1.3

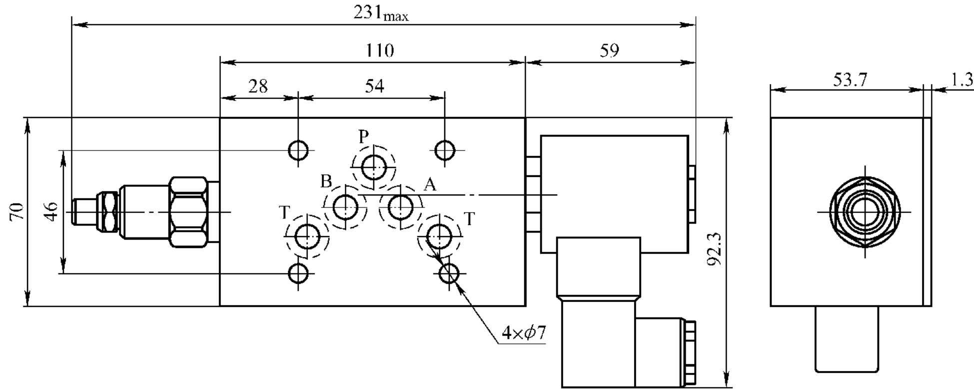
插式接线端子　47

（续）

安装面：ISO 4401-AC-05-4-A



安装面：ISO 4401-AC-05-4-A



5.4　通道块及安装用螺栓

5.4.1　力士乐、油研系列叠加阀通道块

（1）6通径通道块

力士乐和油研系列叠加阀的安装尺寸完全一致。6通径通道块的推荐尺寸见图22.7-167。

（2）10通径通道块

力士乐和油研系列叠加阀10通径通道块的推荐尺寸见图22.7-168。

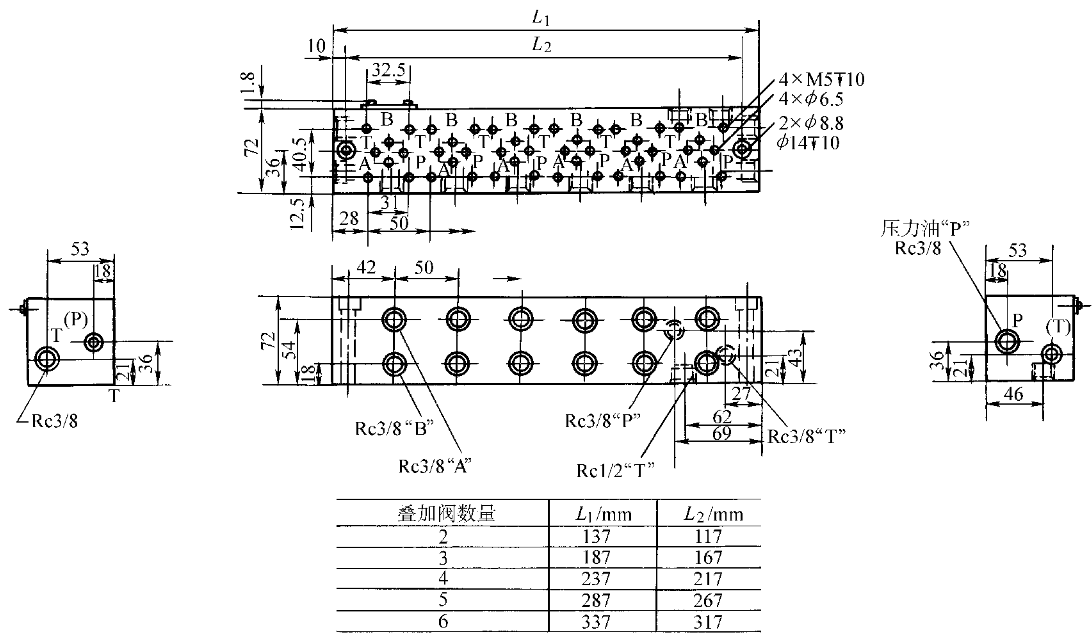
5.4.2　高强度螺栓、螺母

（1）6通径阀用螺栓、螺母

6通径力士乐和油研系列叠加阀安装用高强度螺栓、螺母见图22.7-169。

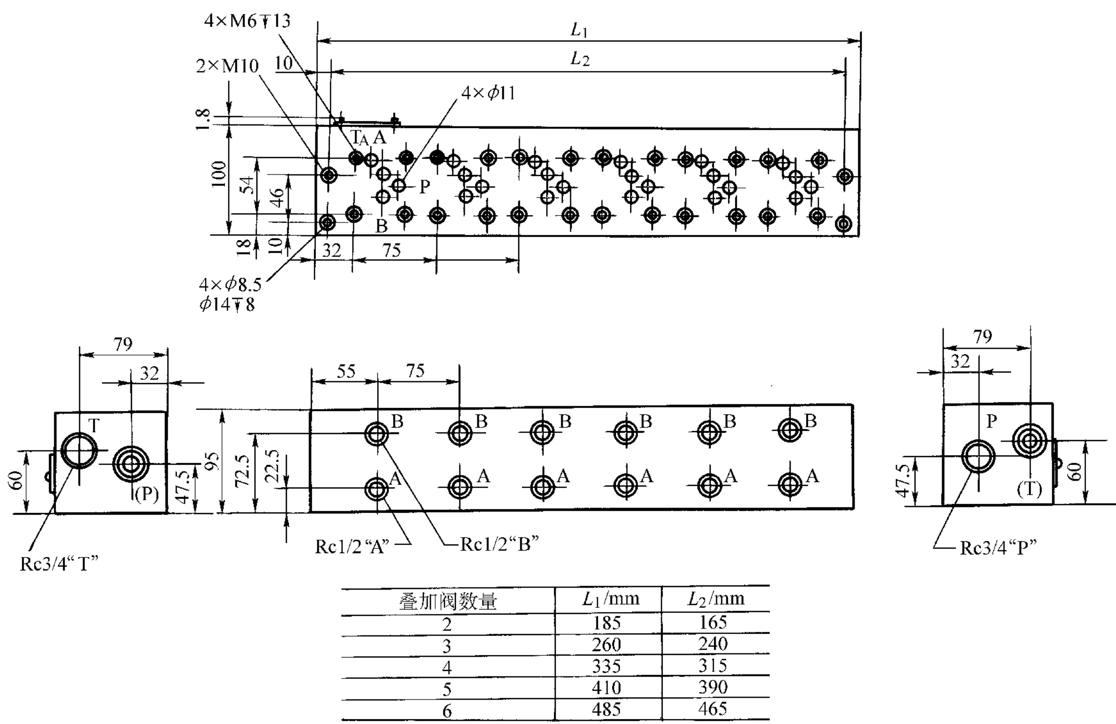
（2）10通径阀用螺栓、螺母

10通径力士乐和油研系列叠加阀安装用高强度螺栓、螺母见图22.7-170。



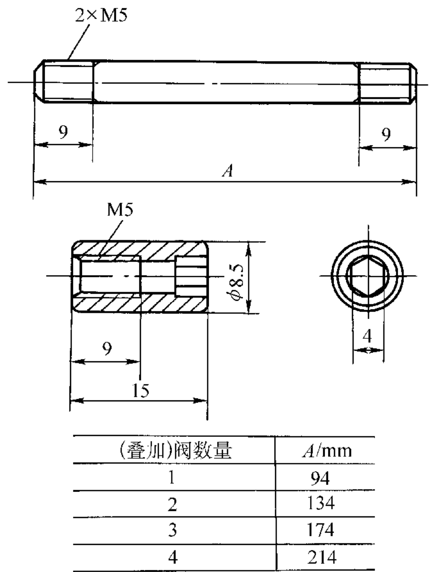
叠加阀数量	L_1/mm	L_2/mm
2	137	117
3	187	167
4	237	217
5	287	267
6	337	317

图 22. 7-167　6 通径通道块的推荐尺寸



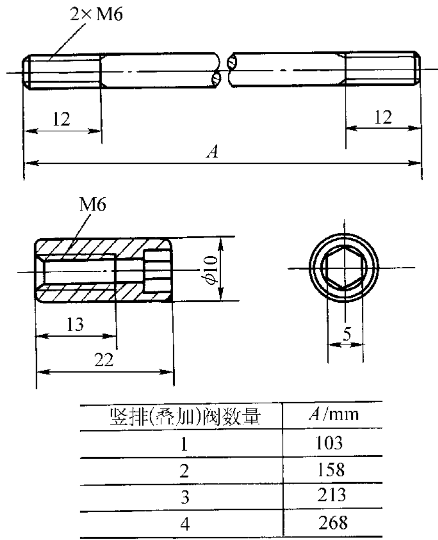
叠加阀数量	L_1/mm	L_2/mm
2	185	165
3	260	240
4	335	315
5	410	390
6	485	465

图 22. 7-168　10 通径通道块的推荐尺寸



(叠加)阀数量	A/mm
1	94
2	134
3	174
4	214

图 22. 7-169　6 通径叠加阀用高强度螺栓、螺母



竖排(叠加)阀数量	A/mm
1	103
2	158
3	213
4	268

图 22. 7-170　10 通径叠加阀用高强度螺栓、螺母

6　插装阀

6. 1　插装阀的工作原理及特点

插装阀是一种用小流量控制油来控制大流量工作油液的开关式阀。它是把作为主控元件的锥阀插装于油路块中，故得名插装阀。

插装阀发展到现在主要分两类：第一类是传统的盖板式插装阀，出现于 20 世纪 70 年代，主要用于高压大流量场合，不适合用于 16 通径以下的小流量场合。插装阀不仅能实现普通液压阀的各种功能，而且具有流动阻力小、通流能力大、动作速度快、密封性好、制造简单、工作可靠等优点。第二类是在工程机械多路阀中安全阀基础上，迅速发展起来的螺纹式插装阀，正好弥补了盖板式插装阀不适应用于小流量的不足，主要用于小流量场合。螺纹插装阀具有各种控制功能，单个元件以螺纹型式插入控制块体，结构非常小巧紧凑。除了流量范围的区别外，几乎具有盖板式插装阀的所有优点，可广泛应用于小流量的各种需要液压控制的领域。

由于插装阀结构简单、工作可靠、标准化程度高，因此适宜液压系统集成化，大量减少了管道连接件及由管道引起的泄漏、振动、噪声等故障，对于大流量、高压力、较复杂的液压系统可以显著地减小尺寸和质量。

二通盖板式插装阀的典型结构如图 22. 7-171 所示，由插入元件、控制盖板、通道块三大部分组成。插入元件由阀芯、阀套、弹簧和密封件组成；控制盖板上根据插装阀的不同控制功能，安装有相应的先导控制级元件；通道块既是嵌入插入元件及安装控制盖板的基础阀体，又是主油路和控制油路的连通体。

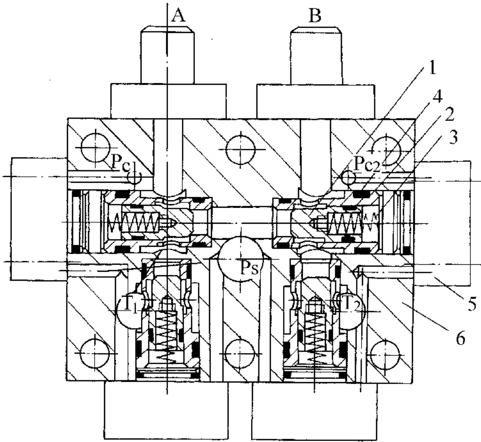


图 22. 7-171　插装阀结构图

1—阀芯　2—阀套　3—弹簧　4—密封件　5—控制盖板
6—通道块 Ps　T_1、T_2—主油路　P_{C1}、P_{C2}—控制油路
A、B—出口管路

6. 2　二通盖板式插装阀

6. 2. 1　K 系列插装阀

（1）插入元件

1）插入元件是插装阀的基本核心元件，由阀套、阀芯、弹簧和密封件组成。其外形安装尺寸是标准化的，可以插装到通道块的安装孔中，然后盖以不同控制功能的控制盖板。

2）结构图和图形符号图 22. 7-172。

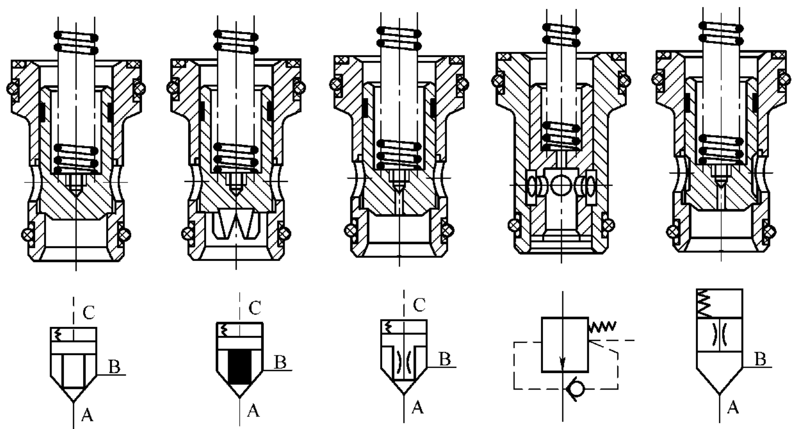
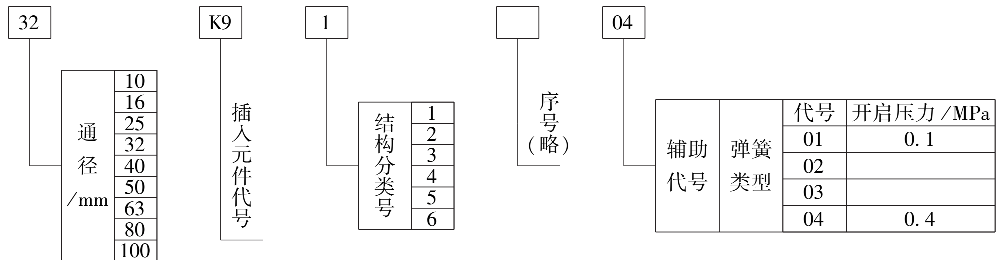


图 22. 7-172　插入元件结构图和图形符号

3）型号说明如下：



例 32K9104 为通径 32mm 的插入元件，阀芯结构型式 1 类标准阀芯，开启压力 0. 4MPa。

4）结构分类见表 22. 7-230。

表 22. 7-230　结构分类

分类号	面积比（FB/FC）	阀芯结构型式	用　途
1	50%	标准阀芯	换向
2	50%	带缓冲节流口阀芯	换向、节流
3	7%	标准阀芯	压力阀、换向
4	7%	带阻尼孔	压力阀
5	100%	常开式	减压阀
6	100%	带阻尼孔	压力阀

5）技术规格见表 22. 7-231。

表 22. 7-231　技术规格

公称通径 D_g/mm	工作压力/MPa	额定流量/L·min^{-1}（阀口压降 $\Delta p=0.5$MPa）	
		带缓冲节流口	标准阀芯
10	31. 5	40	60
16	31. 5	100	160
25	31. 5	250	400
32	31. 5	400	630
40	31. 5	630	1000
50	31. 5	1000	1600
63	31. 5	1600	2500
80	31. 5	2500	4000
100	31. 5	4000	6300

6）外形尺寸见表 22. 7-232。

表 22. 7-232　外形尺寸

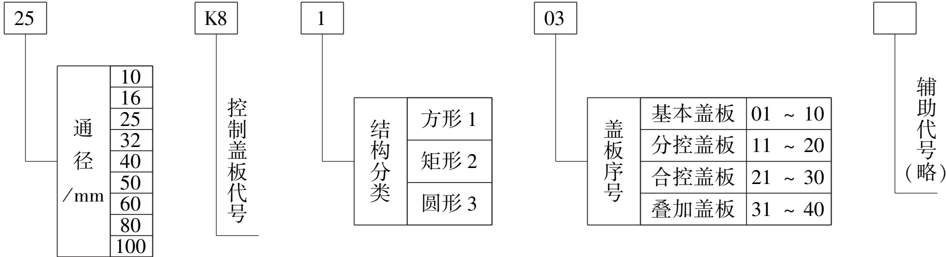
型　号	插入元件外形尺寸/mm			
	D_0	D_1	H_0	H_7
10K9※※※	ϕ24	ϕ18	40—0. 1	27
16K9※※※	ϕ32	ϕ25	56—0. 1	36. 5
25K9※※※	ϕ45	ϕ34	72—0. 1	44
32K9※※※	ϕ60	ϕ45	85—0. 1	59
40K9※※※	ϕ75	ϕ55	105—0. 1	68
50K9※※※	ϕ90	ϕ68	122—0. 1	79
63K9※※※	ϕ120	ϕ90	155—0. 1	104
80K9※※※	ϕ45	ϕ110	205—0. 1	140
100K9※※※	ϕ180	ϕ135	245—0. 1	155

（2）控制盖板

1）控制盖板的作用有二，一是当插入元件装入通道块的安装孔后，控制盖板作为安装盖子；二是控制盖板作为各种先导控制元件的安装体。

控制盖板的外形尺寸符合国家标准 GB/T 2877—2007 的规定。控制盖板采用方形结构（D_g10～63mm）和圆形结构（D_g80～100mm），特殊需要采用矩形结构。

2）型号说明：



3）序号、名称和图形符号见表 22.7-233。

表 22.7-233　盖板代号、名称、图形

盖板代号	盖板名称	图形符号	盖板外形图
基本盖板			
01	单向换向盖板	X Z C W Y	见图 22.7-173a
02	单向换向盖板	X Z C W Y	
03	单向换向盖板	X Z C W Y	
04	单向换向盖板	X Z C W Y	
05	节流盖板	X Z C W Y	见图 22.7-173b
06	合控节流盖板	X Z C W Y	
07	合控自锁盖板	X W C Z Y	见图 22.7-173a
08	自锁盖板	X W C Z Y	
09	反相基本盖板	X W C Z Y	
基本盖板			
10	调压基本盖板	X Z C W Y	见图 22.7-173c
电磁阀分控盖板			
11	分控换向盖板	P A T X Z C W Y	见图 22.7-173d
12	自锁换向盖板	P A T X Z C W Y	
13	切换盖板	A T X Z C W Y	
14	分控单向盖板	P A T X Z C W Y	
15	限压卸荷盖板	A T X Z C W Y	见图 22.7-173c
电磁阀合控盖板			
21	合控换向盖板	F A T X Z C W Y	见图 22.7-173e

（续）

盖板代号	盖板名称	图形符号	盖板外形图	盖板代号	盖板名称	图形符号	盖板外形图
电磁阀合控盖板				叠加盖板			
22	调压主盖板	P A T / X Z C W Y	见图 22.7-173e	31	限压卸荷盖板	A T / P A T	见图 22.7-173e
23	自锁单向盖板	P A T / X Z C W Y		32	背压叠加盖板	P A T / P A T	
24	合控限压盖板	P B A T / X Z C W Y	见图 22.7-173c	33	合控叠加盖板	P A T / P A B T	
25	合控背压盖板	P A T / X Z C W Y		34	合控背压叠加盖板	P A B T / P A B T	
说明	C—与插装元件控制腔相通　X—控制口入口　Y—控制口出口　W、Z—备用控制口　P—压力油口　T—低压回油口　A—换向控制口						

4）插装阀控制盖板的外形尺寸见表 22.7-234、图 22.7-173。

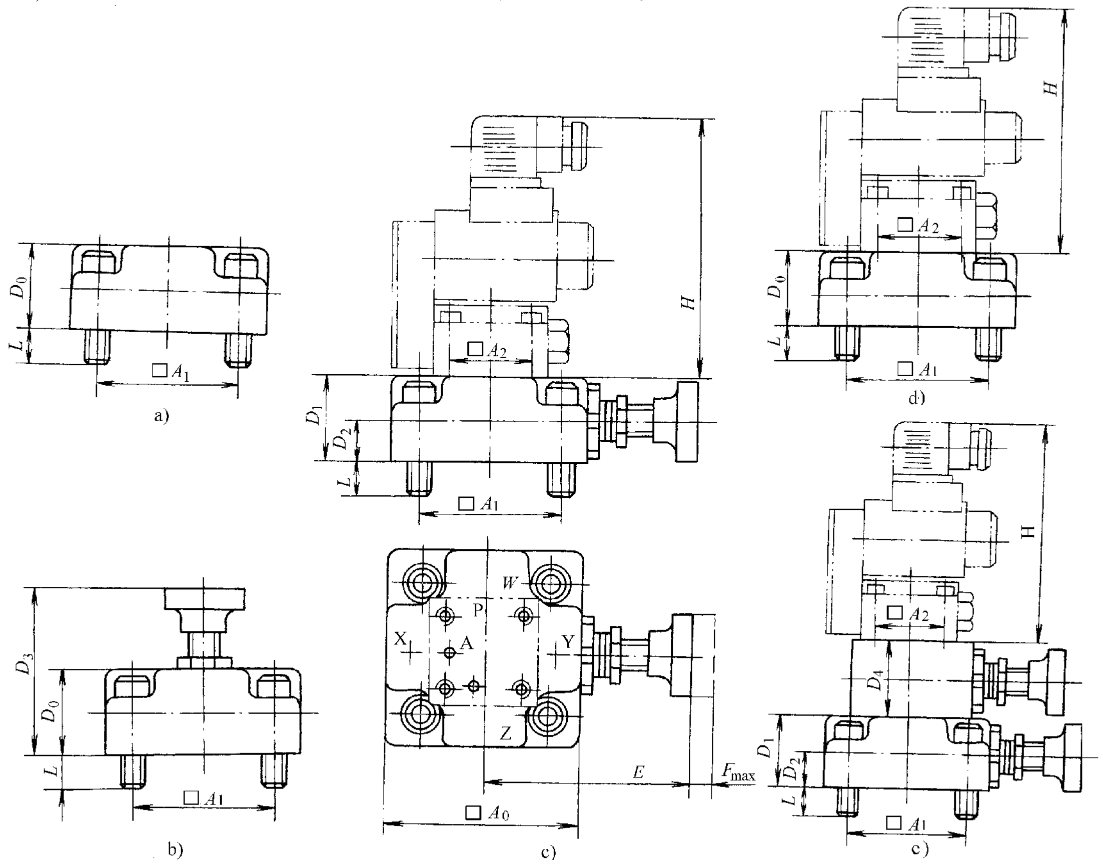


图 22.7-173　控制盖板外形图

表 22. 7-234　盖板外形尺寸

型　　号	尺寸/mm												
	□A_0	□A_1	□A_2	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	E	F_{max}	H	L	螺钉
10K81 * *	56	40	40	30	50		24				112	10	M6
16K81 * *	65	46	40	45	50	25	26		128	8	112	12	M8
25K81 * *	85	58	40	50	50	25	32		130	8	112	17	M12
32K81 * *	102	70	40	55	55	32	38		121	8	112	25	M16
40K81 * *	125	85	40	60	60		40				112	30	M20
50K81 * *	140	100		65	65		45				120	30	M20
63K81 * *	180	125		75	75	45	50		158	10	120	45	M30

5）技术规格见表 22. 7-235。

表 22. 7-235　技术规格

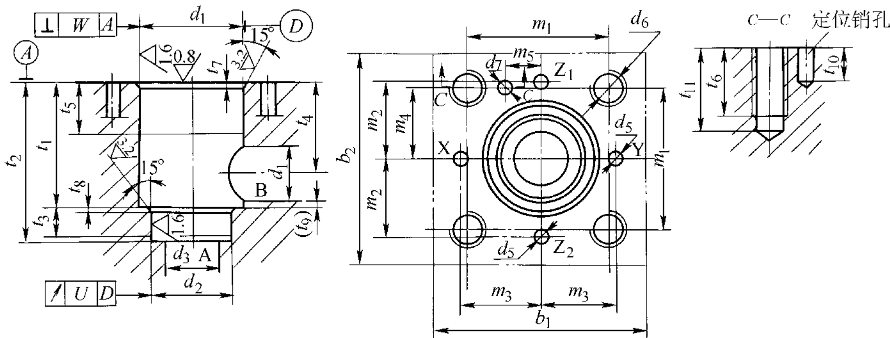
<table>
<tr><th>公称通径 D_g/mm</th><th>工作压力/MPa</th><th>先导控制元件通径/mm</th><th>控制油路通径/mm</th></tr>
<tr><td>10</td><td rowspan="9">31. 5</td><td rowspan="5">D_g6</td><td>4</td></tr>
<tr><td>16</td><td rowspan="2">6</td></tr>
<tr><td>25</td></tr>
<tr><td>32</td><td rowspan="2">8</td></tr>
<tr><td>40</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="2">D_g10</td><td>10</td></tr>
<tr><td>63</td><td>12</td></tr>
<tr><td>80</td><td rowspan="2">D_g10，或用二级先导控制 D_g6+D_g16</td><td>16</td></tr>
<tr><td>100</td><td>20</td></tr>
</table>

（3）通道块

1）通道块是嵌入插装元件、安装控制盖板及与外部管道连接的基础阀体。通道块中有：按技术标准加工的插入元件的插入孔；主油路孔道和控制油路孔道。通道块加工平面有：安装控制盖板的加工平面；安装外部管道的加工平面；通道块安装平面等。通道块可以选用厂家生产的标准件，也可根据使用者的特殊需要设计非标准件。

2）通道块上的插入元件的插入孔尺寸见表 22. 7-236。

表 22. 7-236　插入孔安装尺寸　　　　（mm）



（续）

通　　径		16	25	32	40	50	63
$b_1$①		65	85	102	125	140	180
$b_2$①		65	85	102	125	140	180
d_1	（H8）	32	45	60	75	90	120
d_2	（H8）	25	34	45	55	68	90
d_3		16	25	32	40	50	63
$d_4$②	最小	16	25	32	40	50	63
	最大	25	32	40	50	63	80
d_5	最大	4	6	8	10	10	12
d_6		$M8$	$M12$	$M16$	$M20$	$M20$	$M30$
d_7	H13	4	6	6	6	8	8
m_1	±0.2	46	58	70	85	100	125
m_2	±0.2	25	33	41	50	58	75
m_3	±0.2	25	33	41	50	58	75
m_4	±0.2	23	29	35	42.5	50	62.5
m_5	±0.2	10.5	16	17	23	30	38
t_1	$^{+0.1}_{0}$	43	58	70	87	100	130
t_2	$^{+0.1}_{0}$	56	72	85	105	122	155
t_3		11	12	13	15	17	20
$t_4$②	按 d_4 最小	34	44	52	64	72	95
	按 d_4 最大	29.5	40.5	48	59	65.5	86.5
t_5		20	30	30	30	35	40
t_6		20	25	35	45	45	65
t_7		2	2.5	2.5	3	4	4
t_8		2	2.5	2.5	3	3	4
t_9		0.5	1.0	1.5	2.5	2.5	3
t_{10}		10	10	10	10	10	10
t_{11}		25	31	42	53	53	75
U		0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05
W		0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.2

① 先导阀和调节部分可以超出 b_1、b_2 规定的尺寸。

② 工作口B可以在($t_1 \sim t_5$)和($t_1 \sim t_9$)的深度范围内，围绕工作口A的轴线任意布置。

（4）集成阀块

1）集成阀块分类及中位机能见表22.7-237、表22.7-238。

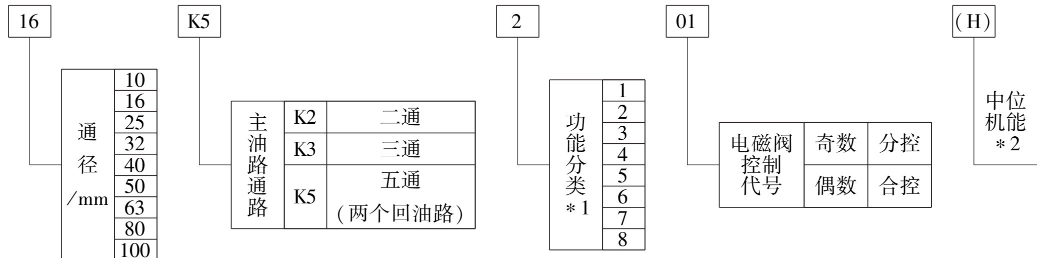
表22.7-237　插装阀集成阀块功能分类

功能分类号	插装阀集成阀块控制功能	功能分类号	插装阀集成阀块控制功能
1	换向	5	换向-节流
2	换向-调压	6	换向-节流-调压
3	换向-背压	7	换向-节流-背压
4	换向-调压-背压	8	换向-节流-调压-背压

表 22.7-238　插装阀集成阀块中位机能

机能代号		A	B	C	H	J	K	N	O	P	R	Y	Z
机能图形符号	二通												
	三通												
	四通（二回油四通）												

2）集成阀块型号说明：



3）集成阀块油路原理图见表 22.7-239。

表 22.7-239　集成阀块油路原理图

普通（滑阀型）液压原理图	插装阀集成阀块油路原理图	说　明
**K5302(O)		通径为 **（mm）的五通集成阀块，中位为 O 机能，具有合控的换向-背压控制功能的油路原理图
**K5403(O)		通径为 **（mm）的五通集成阀块，中位为 O 机能，具有分控的换向-调压-背压控制功能的油路原理图

6.2.2　L 系列插装阀

L 系列插装阀（见表 22.7-240）包括插入元件（LC）、控制盖板（LFA）均实现了标准化。L 系列插装阀包括方向控制功能插装阀和压力控制功能插装阀两大类。压力控制功能插装阀又有溢流、减压、顺序等功能。厂家可根据用户的要求设计和制造出集成通道块。连接尺寸符合 DIN24342、GB/T 2877—2007、ISO/DP7368。生产厂家有：北京华德液压集团液压阀分公司，沈阳液压件制造有限公司。

表 22.7-240　L 系列插装阀一览表

<table>
<tr><th rowspan="2">功能</th><th rowspan="2">插 入 元 件</th><th colspan="3">控 制 盖 板</th></tr>
<tr><th>盖板组成</th><th>代　号</th><th>原 理 图</th></tr>
<tr><td rowspan="7">用于方向控制功能</td><td rowspan="4">LC□□□□□
插入元件代号 / 通径代号 / 面积比代号 / 开启压力代号 / 阀芯型式代号

通径/mm ｜ 代号 ｜ 系列
16 ｜ 16 ｜ 60
25 ｜ 25 ｜ 60
32 ｜ 32 ｜ 60
40 ｜ 40 ｜ 60
50 ｜ 50 ｜ 60
60 ｜ 60 ｜ 60
80 ｜ 80 ｜ 50
100 ｜ 100 ｜ 50
125 ｜ 125* ｜
160 ｜ 160* ｜

面积比(环形面积) ｜ 代号
2:1(50%) ｜ A
14.3:1(7%) ｜ B

开启压力/MPa ｜ 代号
0 ｜ 00
0.05 ｜ 05
0.1 ｜ 10
0.2 ｜ 20
0.3 ｜ 30
0.4 ｜ 40

阀芯型式 ｜ 代号
不带阻尼凸头 ｜ E
带阻尼凸头 ｜ D</td><td>带遥控口(不带遥控口)</td><td>LFA(通径)D_ _/F
(LFA_ _D)</td><td></td></tr>
<tr><td>带行程限制器和遥控口</td><td>LFA_ _H_ _/F</td><td></td></tr>
<tr><td>带梭阀</td><td>LFA_ _G</td><td></td></tr>
<tr><td>带换向座阀</td><td>LFA_ _R</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">LC□□□□□
插入元件代号 / 通径代号 / 面积比代号 / 开启压力代号 / 阀芯型式代号

通径/mm ｜ 代号 ｜ 系列
16 ｜ 16 ｜ 60
25 ｜ 25 ｜ 60
32 ｜ 32 ｜ 60
40 ｜ 40 ｜ 60
50 ｜ 50 ｜ 60
60 ｜ 60 ｜ 60
80 ｜ 80 ｜ 50
100 ｜ 100 ｜ 50
125 ｜ 125* ｜
160 ｜ 160* ｜

面积比(环形面积) ｜ 代号
2:1(50%) ｜ A
14.3:1(7%) ｜ B

开启压力/MPa ｜ 代号
0 ｜ 00
0.05 ｜ 05
0.1 ｜ 10
0.2 ｜ 20
0.3 ｜ 30
0.4 ｜ 40

阀芯型式 ｜ 代号
不带阻尼凸头 ｜ E
带阻尼凸头 ｜ D</td><td>外加先导换向滑阀</td><td>LFA_ _WFA</td><td></td></tr>
<tr><td>外加先导换向座阀</td><td>LFA_ _SEA</td><td></td></tr>
<tr><td>外加先导换向滑阀带梭阀</td><td>LFA_ _GWA</td><td></td></tr>
</table>

（续）

<table>
<tr><th>功能</th><th>插入元件</th><th colspan="3">控制盖板</th></tr>
<tr><td rowspan="4">用于方向控制功能</td><td rowspan="4">LC□□□□□
插入元件代号；通径代号；面积比代号；开启压力代号；阀芯型式代号

通径/mm | 代号 | 系列：16 16, 25 25, 32 32, 40 40, 50 50, 60 60 — 60；80 80, 100 100 — 50；125 125*, 160 160*

面积比（环形面积）| 代号：2:1(50%) A；14.3:1(7%) B

开启压力/MPa | 代号：0 00；0.05 05；0.1 10；0.2 20；0.3 30；0.4 40

阀芯型式 | 代号：不带阻尼凸头 E；带阻尼凸头 D</td><td>盖板组成</td><td>代　号</td><td>原理图</td></tr>
<tr><td>外加先导换向座阀带梭阀</td><td>LFA_ _GSA</td><td>W, z_1, x, B, A</td></tr>
<tr><td>外加先导换向滑阀带梭阀作单向阀回路</td><td>LFA_ _KWA</td><td>W, z_1, x, B, A</td></tr>
<tr><td>外向先导换向座阀带梭阀作单向阀回路</td><td>LFA_ _KSA</td><td>W, z_1, x, B, A</td></tr>
<tr><td rowspan="3">用于溢流功能</td><td rowspan="3">LC□DB□□□
插入元件代号；通径代号；压力溢流型代号；开启压力代号；阀芯型式代号

通径/mm | 代号 | 系列：16 16, 25 25, 32 32, 40 40, 50 50, 60 60 — 60；80 80, 100 100 — 50

开启压力/MPa | 代号：0 00；0.2 20；0.3 30；0.4 40

阀芯型式 | 代号：座阀 E；座阀-滑阀 D；带阻尼孔座阀 A；带阻尼孔座阀-滑阀 B</td><td>带手动压力调节</td><td>LFA(通径)DB□
调节方式 | 代号：手柄 1；带保护罩的调节螺栓 2；带锁的刻度旋钮 3；不带锁的刻度旋钮 4</td><td>x, x_1, y, B, A</td></tr>
<tr><td>带手动压力调节，外加滑阀型电磁卸荷</td><td>LFA_ _DBW—</td><td>W, x, x_1, y, B, A, x</td></tr>
<tr><td>带手动压力调节，外加座阀型电磁卸荷</td><td>LFA_ _DBS—</td><td>W, x, V, x_1, y, B, A</td></tr>
</table>

（续）

功能	插入元件	控制盖板		
		盖板组成	代　号	原　理　图
用于溢流功能	LC□DB□□ 插入元件代号 通径/mm | 代号 | 系列 16 | 16 | 60 25 | 25 | 60 32 | 32 | 60 40 | 40 | 60 50 | 50 | 60 60 | 60 | 60 80 | 80 | 50 100 | 100 | 50 通径代号 压力溢流型代号 开启压力/MPa | 代号 0 | 00 0.2 | 20 0.3 | 30 0.4 | 40 开启压力代号 阀芯型式 | 代号 座阀 | E 座阀-滑阀 | D 带阻尼孔座阀 | A 带阻尼孔座阀-滑阀 | B	带手动压力调节和封闭功能	LFA__DBWD—	x, V, y, x_1, B, A
		带有可电选的双手动压力调节	LFA__DBU2—	x, V, y, x_1, B, A
		最高压力溢流，电液比例压力控制	LFA__DBE	V, x, y, x_1, B, A
用于减压功能	LC□DR□□ 插入元件代号 通径/mm | 代号 16 | 16 25 | 25 32 | 32 40 | 40 50 | 50 63 | 63 通径代号 减压型代号 开启压力/MPa | 代号 0 | 00 0.2 | 20 0.3（标准） | 30 0.4（标准） | 40 0.5（特制） | 50 0.8（特制） | 80 开启压力代号 阀芯型式 | 代号 不带精细控制沟槽 | E 带精细控制沟槽 | D 阀芯型式代号	带手动减压调节（主阀芯常闭）	LFA(通径)DR 调节方式 | 代号 手柄 | 1 带保护罩的调节螺栓 | 2 带锁的刻度旋钮 |	Q, M, x, x_1, y, z_2, B, A
		带手动减压调节，外加封闭功能	LFA__DRW—	R, M, x, x_1, y, z_2, B, A

（续）

功能	插入元件	控制盖板		
		盖板组成	代号	原理图
用于减压功能	LC □ DR □ □ 插入元件代号 通径/mm：16, 25, 32, 40, 50, 63；代号：16, 25, 32, 40, 50, 63 — 通径代号 减压型代号 开启压力/MPa：0, 0.2, 0.3（标准）, 0.4, 0.5（特制）, 0.8；代号：00, 20, 30, 40, 50, 80 — 开启压力代号 阀芯型式：不带精细控制沟槽 — E；带精细控制沟槽 — D — 阀芯型式代号	带电液比例减压调节	LFA_ _DREV_ _	S, M, x, x1, y, z2, B, A
		带电液比例减压调节，外加封闭功能	LFA_ _ DREWV_ _	T, M, x, x1, y, z2, B, A

注：外形尺寸详见厂家产品样本。

6.2.3　TJ系列插装阀

本系列为上海第七〇四研究所开发，安装尺寸符合GB/T 2877—2007。

（1）型号说明

TJ □-□/□ □ □ □-□ □-□

二通插装阀插装件组成。包括阀芯、阀套、弹簧及全部所需密封件

通径

代号	016	025	032	040	050
公称通径 *DN*/mm	16	25	32	40	50
代号	063	080	100	125	160
公称通径 *DN*/mm	63	80	100	125	160

阀套型式：
0—标准型（与无尾部阀芯配合）；
3—减压阀型；1—非标准型与带尾部结构阀芯配合的阀套；
5—弹簧倒置型

阀芯型式主代号：
0—标准型（无尾部）　3—减压阀型
1—带锥形缓冲阻尼尾部　4—带四节流窗口尾部
2—带双节流窗口尾部　5—弹簧倒置型

阀芯型式辅助代号：
无—标准型
C—侧向钻孔型（单向阀用）
G—带底部阻尼孔及O形密封圈型
H—带O形密封圈型
J—带O形密封圈及侧向钻孔型
R—带底部阻尼孔型

开启压力：

代号	0	1	2	3	4
面积比/$\alpha_A(A_A/A_X)$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4

面积比：

代号	10	11	15	20
开启压力/MPa	1:1.0	1:1.1	1:1.5	1:2.0

设计号：用于设计更改编号

密封形式：无—标准型（线密封型）
W—面密封型

介质：无——一般矿物油
1—水基介质
2—特殊介质

（2）技术规格（见表 22.7-241）

（3）插装元件（见表 22.7-242）

（4）TG 型控制盖板（见表 22.7-243）

TJ 二通插装阀及控制盖板外形尺寸见生产厂（上海第七〇四研究所）产品样本。

表 22.7-241　技术规格

公称通径/mm		16	25	32	40	50	63	80	100	125	160
流量 /L·min^{-1}	$\Delta p < 0.5$MPa	160	400	600	1000	1500	2000	4000	7000	10000	16000
	$\Delta p < 0.1$MPa	80	200	300	500	750	1000	2000	3500	5000	8000
最高工作压力/MPa		31.5									
工作介质		矿物油，水-乙二醇等									
介质温度/℃		-20～70									
介质粘度范围/mm^2·s^{-1}		5～380 推荐 13～54									
过滤精度/μm		25									
生产厂		重庆液压件厂									

表 22.7-242　TJ 型插装件图形符号

TJ *** 0/0 * 1 * -20 B A 基本型插装件 （a_A≤1∶1.5） 用于方向控制	TJ *** 0/0R * 1 * -20 B A 阀心带阻尼孔的插装件 （a_A≤1∶1.5） 用于方向及压力控制；也可用于 B→A 单向阀	TJ *** -1/2 * 15-20 B A 阀心带 2 或 4 个三角形节流窗口尾部的插装件 （a_A≤1∶1.5） 用于方向及流量控制	TJ *** 1/1 * -20 B A 阀心带缓冲尾部的插装件 （a_A≤1∶1.5） 用于方向控制，具有启闭缓冲功能	TJ *** 0/0C * 1 * -20 B A 阀心侧向钻孔的插装件 （a_A≤1∶1.5） 常用于 A→B 单向阀	TJ *** 0/0H * 1 * -20 B A 阀心带 O 形密封圈的插装件 （a_A≤1∶1.5） 用于无泄漏方向控制，或使用低粘度介质的场合
TJ *** -0/0 * 11 -20 B A 基本型插装件 （a_A=1∶1.1） 用于方向及压力控制	TJ *** -0/0R * 11 -20 B A 阀心带底部阻尼孔的插装件 （a_A=1∶1.1） 用于方向及压力控制	TJ *** -1/4 * 11-20 B A 阀心带 4 个三角形节流窗口尾部的插装件 （a_A=1∶1.1） 用于方向及流量控制	TJ *** -0/0 * 10-20 TJ *** -0/0 * 11-20 B A 基本型插装件 （a_A=1∶1 或 1∶1.1） 用于压力控制	TJ *** -0/0R * 11 -20 TJ *** -0/0R * 10 -20 阀心带底部阻尼孔的插装件 （a_A=1∶1 或 1∶1.1） 用于压力控制	TJ *** -3/3 * 10-20 A B 减压阀型插件 （a_A=1∶1 或 1∶1.1） 用于减压控制

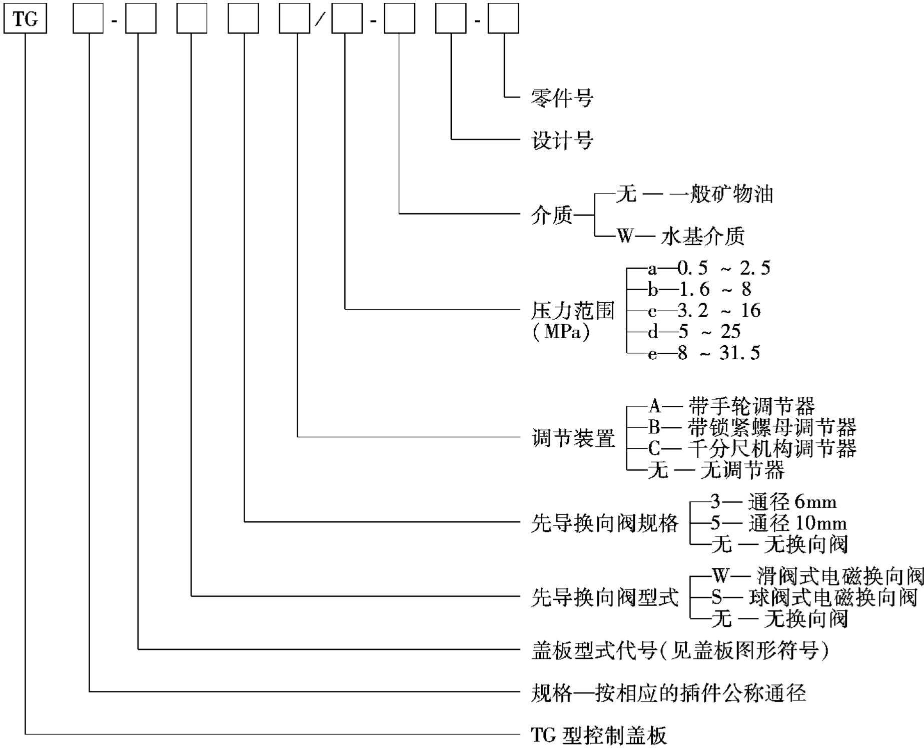
表 22.7-243　控制盖板图形符号

D_1 X a 基本型用于方向控制	D_2 X Z_1 a Z_2 Y 内装液动先导阀，用于液动方向控制	D_3 X Z_1 a Z_2 Y 内装梭阀，用于选择控制压力，方向控制	D_4 X Z_1 a Z_2 Y 内装两单向阀，用于选择压力、方向控制	D_5 X a 带阀芯升程限位装置，用于方向、节流控制
D_6 X Z_1 a Z_2 Y_1 Y_2 内装三单向阀，用于选择控制压力、方向控制	D_7 Z_1 Z_2 内装梭阀，用以构成液控单向阀功能	D_8 P A O X Z_1 Z_2Y 内装梭阀，具有电磁阀安装面，用于电磁液控单向阀功能	F_1 P A B O X Z_1 a Z_2Y 带电磁换向阀安装面，用于方向控制	F_2 A B O X Z_1 a Z_2Y 带电磁换向阀安装面及阀芯升程限位装置，用于方向及节流控制

（续）

F_4	F_5	F_6	F_7	Q_2
带电磁阀安装面，内装梭阀，用于方向控制，带控制压力选择	带电磁阀安装面，用于方向控制	带电磁阀安装面及阀心升程限位装置，用于方向及节流控制	带电磁阀安装面及内装梭阀，用于方向控制，带压力选择	带球式电磁阀安装面，用于方向控制
Q_3	Q_4	Y_1	Y_2	Y_3
带球电磁阀安装面及内装梭阀，用于方向控制，带压力选择	带球式电磁阀安装面及阀芯升程限位装置	带先导调压组件、用于压力控制	带先导调压组件及电磁阀安装面，用于压力控制	带先导调压组件及电磁阀安装面用于压力控制
Y_5	Y_6	Y_7	J_1	J_2
带嵌入式进油单向阀的压力控制盖板，用于压力、方向复合控制用	带嵌入式出油单向阀的压力控制盖板，用于方向、压力复合控制	在 Y_5 基础上增加电磁阀安装面，用于压力、方向复合控制	带先导流量稳定器的压力控制盖板，用作减压阀	带电磁阀安装面及先导流量稳定器，作减压阀用

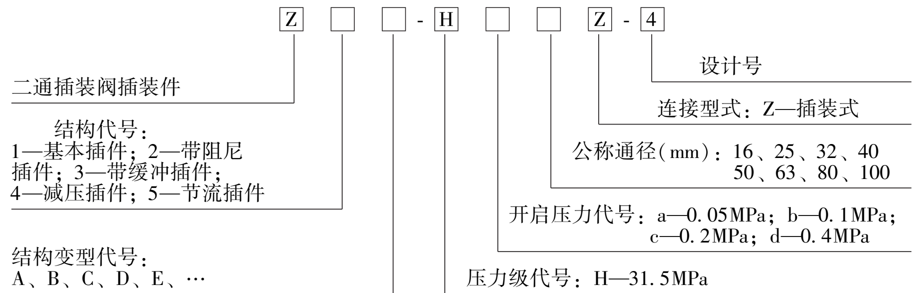
型号意义：



6.2.4　Z 系列插装阀

本系列是济南铸造锻压机械研究所设计的，安装尺寸符合 GB/T 2877—2007。

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.7-244)

表 22.7-244　技术规格

公称通径/mm	16	25	32	40	50	63	80	100
公称流量/L・min^{-1}	160	400	630	1000	1600	2500	4000	6500
公称压力/MPa	31.5							

注：推荐使用 L-HM46 液压油，油温 10～65℃。系统中应配有过滤精度为 10～40μm 的过滤器。

（3）插装元件(见表 22.7-245)

表 22.7-245　结构代号及变型说明

型号及名称	液压图形符号	面积比 F_A/F_C	型号及名称	液压图形符号	面积比 F_A/F_C
Z1A-H※※Z-4 基本插件		1∶1.2	Z2B-H※※Z-4 带阻尼插件		1∶1
Z1B-H※※Z-4 基本插件		1∶1.5	Z3A-H※※Z-4 带缓冲插件		1∶1.5
Z1C-H※※Z-4 基本插件		1∶1	Z4A-H※※Z-4 减压插件		1∶1
Z1D-H※※Z-4 基本插件		1∶1.07	Z4B-H※※Z-4 减压插件		1∶1
Z2A-H※※Z-4 带阻尼插件		1∶1.07	Z5A-H※※Z-4 节流插件		1∶1.5

（4）F 型控制盖板(见表 22.7-246)

型号意义：

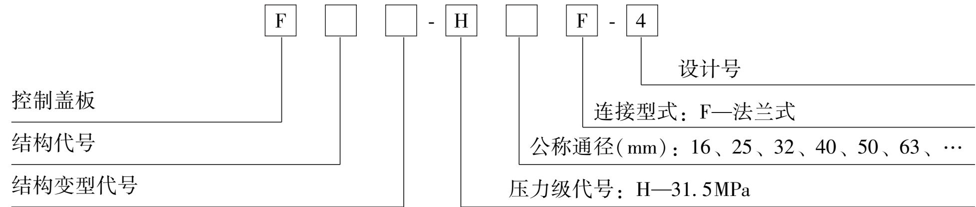


表 22.7-246 型号、名称及图形符号

F01A-H※F-4 基本控制盖 A		F09A-H※F-4 液控单向阀控制盖 A		F22A-H※F-4 换向调压控制盖 A	
F01B-H※F-4 基本控制盖 B		F09B-H※F-4 液控单向阀控制盖 B		F22B-H※F-4 换向调压控制盖 B	
F04A-H※F-4 滑阀梭阀控制盖 A		F13A-H※F-4 集控滑阀控制盖 A		F23A-H※F-4 卸荷溢流控制盖 A	
F04B-H※F-4 滑阀梭阀控制盖 B		F13B-H※F-4 集控滑阀控制盖 B		F23B-H※F-4 卸荷溢流控制盖 B	
F04C-H※F-4 滑阀梭阀控制盖 C		F16A-H※F-4 换向集中控制盖 A		F23C-H※F-4 换向卸荷溢流控制盖 C	
F04D-H※F-4 滑阀梭阀控制盖 D		F16B-H※F-4 换向集中控制盖 B		F23D-H※F-4 换向卸荷溢流控制盖 D	
F05A-H※F-4 梭阀滑阀控制盖 A		F17A-H※F-4 换向双单向集中控制盖 A		F24A-H※F-4 减压调压控制盖 A	
F05B-H※F-4 梭阀滑阀控制盖 B		F17B-H※F-4 换向双单向集中控制盖 B		F24B-H※F-4 减压调压控制盖 B	
F05C-H※F-4 梭阀滑阀控制盖 C		F21A-H※F-4 调压控制盖 A		F25A-H※F-4 顺序调压控制盖 A	
F05D-H※F-4 梭阀滑阀控制盖 D		F21B-H※F-4 调压控制盖 B		F25B-H※F-4 顺序调压控制盖 B	

（续）

F26A-H※F-4 双调压控制盖 A	Z_1 C Y	F27B-H※F-4 单向调压控制盖 B	Z_2 C Y	F41A-H※F-4 节流控制盖 A	X C
F26B-H※F-4 双调压控制盖 B	Z_2 C Y	F28A-H※F-4 换向双调压 控制盖 A	A B P T C Y	F42A-H※F-4 换向节流控制盖 A	A B T P X Z_1 Y
F27A-H※F-4 单向调压控制盖 A	Z_1 C Y	F28B-H※F-4 换向双调压 控制盖 B	A B P T C Y		

注：生产厂：济南捷迈液压机电工程公司（济南铸锻机械研究所）。

6.3　螺纹插装阀

6.3.1　IH 系列螺纹插装阀

技术参数见表 22.7-247。

表 22.7-247　IH 系列（部分）螺纹插装阀技术参数

溢　流　阀	先导控制，滑阀结构	油口尺寸/in	额定流量/L·min⁻¹	最大压力/MPa
	1AR60-P-＊S	插芯	60	35
	1AR65	3/8　1/2		
	1AR66	1/2		
	1AR100-P-＊S	插芯	150	40
	1AR150	3/8　1/2　3/4		
	1AR155	1		
顺序阀带反向单向阀	先导控制/直动式滑阀结构	油口尺寸/in	额定流量/L·min⁻¹	最大压力/MPa
	1PSC30-F-＊S	插芯	30	20
	1PSC35	3/8		
	1PSC100-P-＊S	插芯	150	35
	1PSC145	3/8　1/2　3/4		
减　压　阀	先导控制，滑阀结构	油口尺寸/in	额定流量/L·min⁻¹	最大压力/MPa
	1PA60-P-＊S	插芯	60	35
	1PA65	3/8　1/2		
	1PA66	1/2		
	1PAC65	3/8　1/2		

（续）

截 止 阀	正旋调节关闭	油口尺寸/in	额定流量 /L·min⁻¹	最大压力 /MPa
	2CN20	插芯	20	35
	2CN25	1/4 3/8	20	35

节 流 阀	正旋调节关闭	油口尺寸/in	额定流量 /L·min⁻¹	最大压力 /MPa
	2CR30	插芯	30	35
	2CR35	3/8 1/2	30	35

液控(先导式)单向阀	锥 阀 结 构	油口尺寸/in	额定流量 /L·min⁻¹	最大压力 /MPa
	4CK30	插芯	30	35
	4CK35	3/8		
	4CK90	插芯	90	35
	4CK95	1/2 3/4		

电 磁 阀	两位两通，锥阀结构	油口尺寸/in	额定流量 /L·min⁻¹	最大压力 /MPa
常开	S201	插芯	30	21
	S201	1/4 3/8		
常闭				
	S502	插芯	60	21
	S502	3/8 1/2		
	S242(H)	插芯	15	21
	S242(H)	1/4 3/8		
	S542	插芯	35	21
	S542	3/8 1/2		

电 磁 阀	三位四通，滑阀结构	油口尺寸/in	额定流量 /L·min⁻¹	最大压力 /MPa
	S270	插芯	13	21
	S270	1/4 3/8		
	S570	插芯	35	21
	S570	3/8 1/2		

注：IH系列插装阀阀口型号尺寸见厂家产品样本。

6.3.1.1　1AR60型螺纹插装溢流阀

（1）工作原理

1AR60型溢流阀插芯滑阀结构见图22.7-174。

当入口压力油的压力超过了阀的设定值时，先导部分启动，一小部分压力油流经主阀芯中的阻尼孔进入主弹簧腔。先导油外泄后，带动主阀移动，产生溢流。

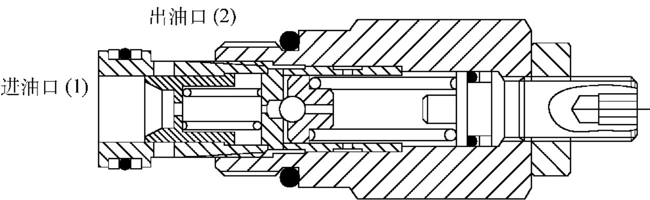


图22.7-174　1AR60型溢流阀插芯滑阀结构

（2）型号说明

1AR＊＊　P　3W　35　S

基本型号
1AR60＝插芯
1AR65＝阀组(插芯和阀块体)
1AR66＝阀组(插芯和阀块体，阀块体带压力油通孔)

调节方式
P＝内六角螺钉调节方式(防漏型)
R＝手轮调节方式
G＝内六角螺钉调节方式(带调节保护帽型)

阀组块体上的油口尺寸
3W＝3/8″BSP　6T＝3/8″SAE
4W＝1/2″BSP　8T＝1/2″SAE

密封
S＝丁腈橡胶
(适用于大多数工业用液压油)
SV＝氟橡胶
(适用于高温和特种流体介质)

压力范围
10＝1.0～10MPa标准设置5MPa
20＝1.0～20MPa标准设置10MPa
35＝5.0～35MPa标准设置28MPa
标准设置在14L/min条件下

（3）技术规格(见表22.7-248)

表22.7-248　技术规格

项　　目	数值或说明
额定流量/L·min^{-1}	60
最大压力/MPa	35
插芯材质	工作部件为经热处理的钢，外露部分表面镀锌
块体材质	默认：铝(压力至20MPa)；尾缀为377时，材质为钢
安装方式	不受限制
插孔编号	CV20-01-0
插芯拧紧力矩/N·m	45
重量/kg	1AR60：0.18；1AR65：0.36；1AR66：0.48
密封件号	SK613(丁腈橡胶)SK613V(氟橡胶)
推荐油液清洁度/μm	25(额定)
工作温度/℃	－20～90(标准密封)
泄漏量/cm^3·min^{-1}	35
推荐粘度/mm^2·s^{-1}	5～500

（4）特性曲线(见图22.7-175)

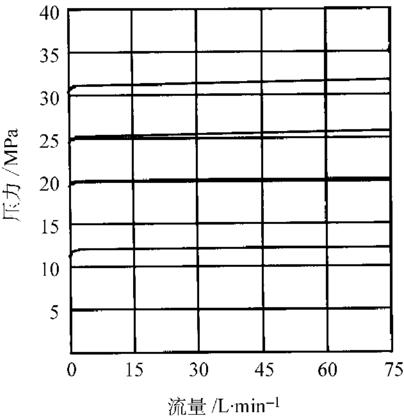
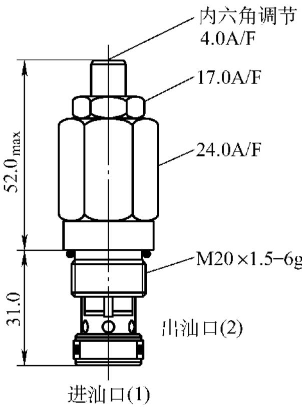


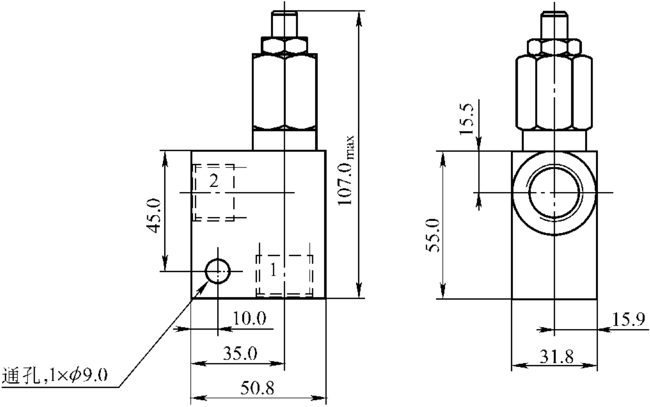
图22.7-175　压力上升特性曲线

（5）外形尺寸(见图22.7-176)

6.3.1.2　1AR100型螺纹插装溢流阀

（1）工作原理





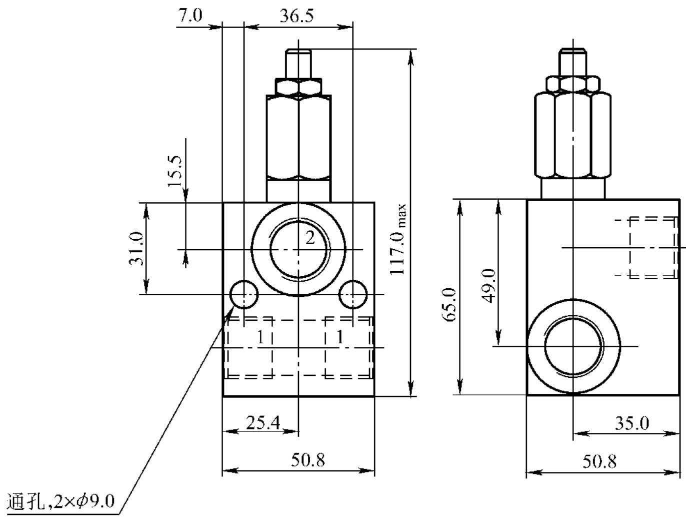


图 22.7-176　1AR60 型插芯及阀组外形尺寸

1AR100 型溢流阀插芯滑阀结构如图 22.7-177 所示。

当入口压力油的压力超过了阀的设定值时，先导部分启动，一小部分压力油流经主阀芯中的阻尼孔进入主弹簧腔。先导油外泄后，带动主阀移动，产生溢流。

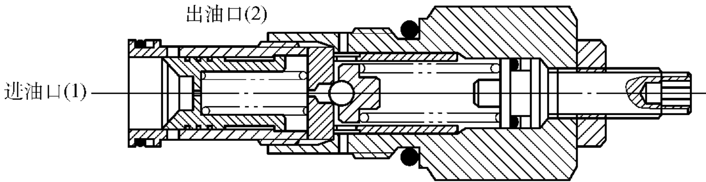
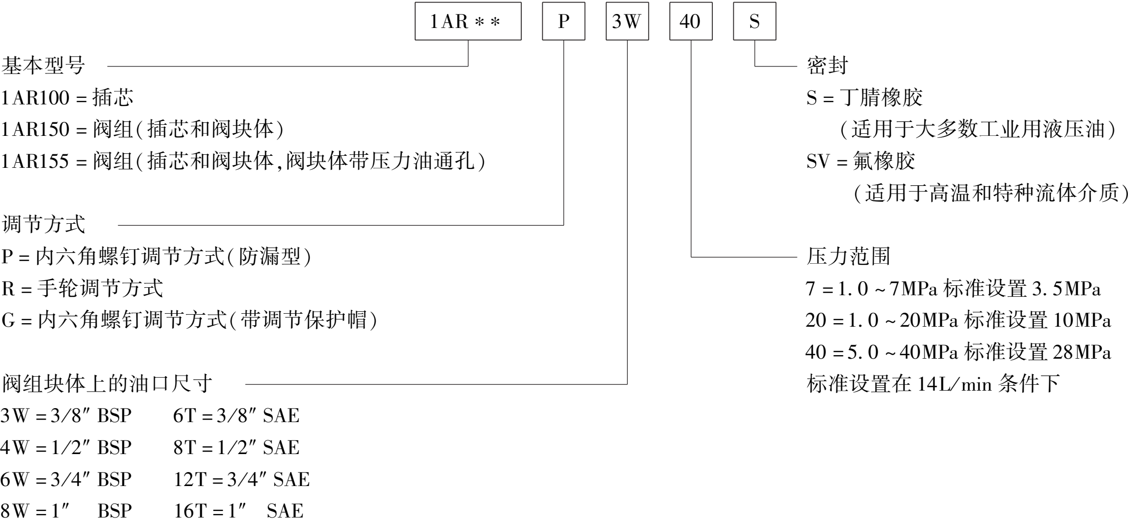


图 22.7-177　1AR100 型溢流阀滑阀结构图

（2）型号说明



（3）技术规格(见表 22.7-249)

表 22.7-249　技术规格

项　　目	数值或说明	项　　目	数值或说明
额定流量/L · min^{-1}	150	插芯拧紧力矩/N · m	60
最大压力/MPa	40	重量/kg	1AR100：0.14；1AR150：0.65；1AR155：0.91
插芯材质	工作部件为经热处理的钢，外露部分表面镀锌	密封件号	SK164(丁腈橡胶)SK164V(氟橡胶)
块体材质	默认：铝(压力至 21MPa)；尾缀为 377 时，材质为钢	推荐油液清洁度/μm	25(额定)
		工作温度/℃	-20 ~ 90(标准密封)
安装方式	不受限制	泄漏量/cm^3 · min^{-1}	20 ~ 65(额定)
插孔编号	A881	推荐粘度/mm^2 · s^{-1}	5 ~ 500

（4）特性曲线(见图 22.7-178)

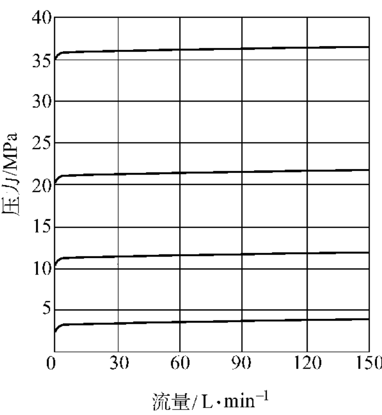


图 22.7-178　压力上升特性曲线

（5）外形尺寸(见图 22.7-179)

插芯基本型号：1AR100　　阀组基本型号：1AR150　3/8″　1/2″　3/4″油口

阀组基本型号：1AR155　1″油口

图 22. 7-179　1AR100 型插芯及阀组外形尺寸

6. 3. 1. 3　1PSC30 型螺纹插装顺序阀

（1）工作原理

1PSC30 型顺序阀插芯滑阀结构如图 22. 7-180 所示。

同直动式溢流阀的工作原理一样，当油压高于阀本身的弹簧设定值时，阀芯启动，进、出油口连通。

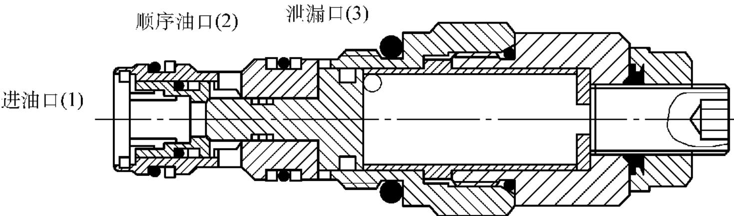
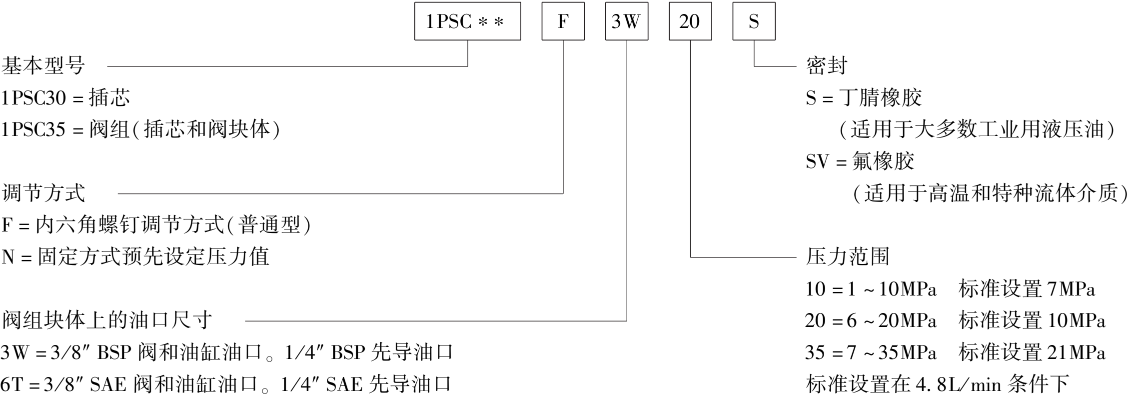


图 22. 7-180　1PSC30 型顺序阀插芯滑阀结构

（2）型号说明



（3）技术规格（见表 22.7-250）

表 22.7-250　技术规格

项　　目	数值或说明	项　　目	数值或说明
额定流量/L·min^{-1}	30	插芯拧紧力矩/N·m	45
最大压力/MPa	35	重量/kg	PSC30：0.15；PSC35：0.14
插芯材质	工作部件为经热处理的钢，外露部分表面镀锌	密封件号	SK395（丁腈橡胶）SK395V（氟橡胶）
块体材质	默认：铝（压力至 21MPa）；尾缀为 377 时，材质为钢	推荐油液清洁度/μm	25（额定）
安装方式	不受限制	工作温度/℃	－20～90（标准密封）
插孔编号	A6610	泄漏量/cm^3·min^{-1}	0.3（5 滴）
		推荐粘度/mm^2·s^{-1}	5～500

（4）特性曲线（见图 22.7-181）

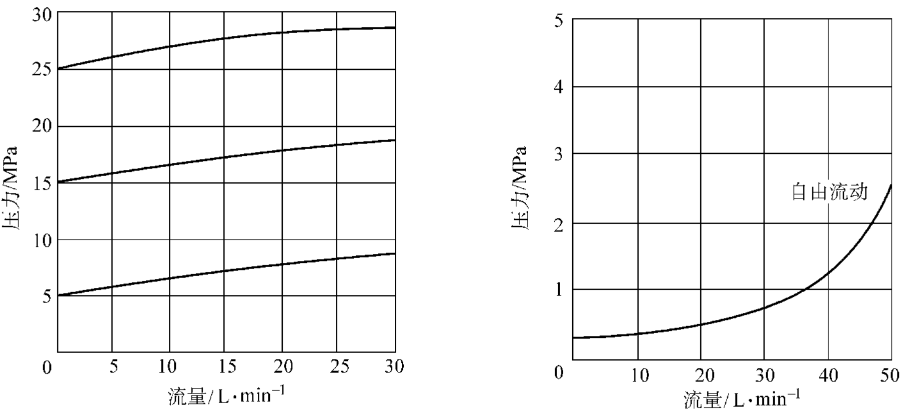


图 22.7-181　特性曲线

（5）外形尺寸（见图 22.7-182）

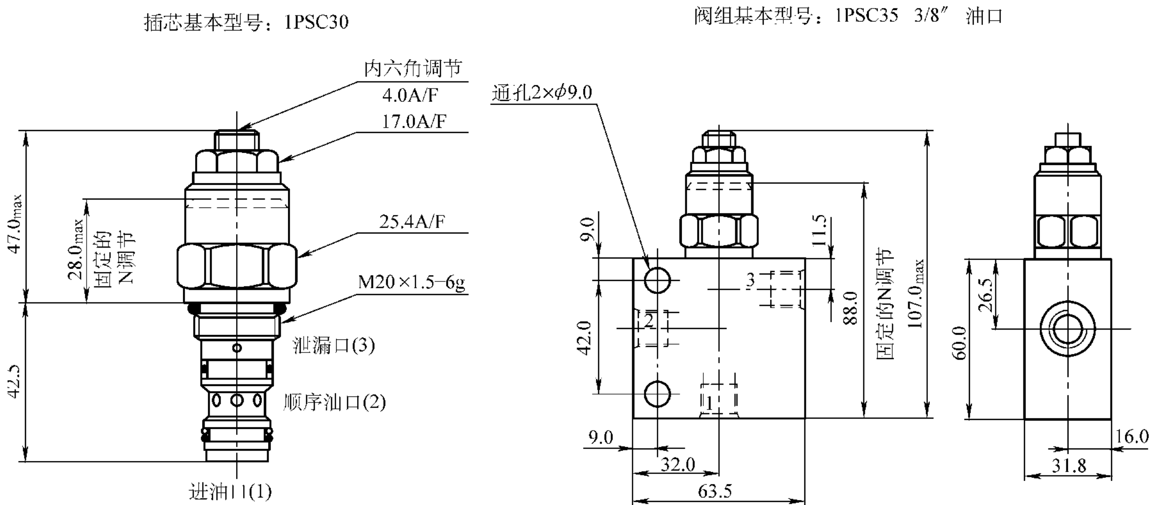


图 22.7-182　1PSC30 型顺序阀外形尺寸

6.3.1.4　1PSC100 型螺纹插装顺序阀

（1）工作原理

1PSC100 型顺序阀插芯滑阀结构如图 22.7-183 所示。

同先导式溢流阀的工作原理相似，当进口油压力高于阀本身的设定压力时，先导部分开启，使压力油经主阀芯上的阻尼孔流过，并形成压力差，主阀芯开启，进、出油口连通。

1PSC100 阀带反向单向阀，开启压力很小，可使油反向自由流动。

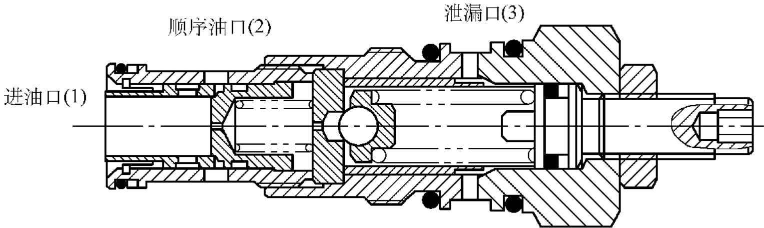


图 22.7-183　1PSC100 型顺序阀插芯滑阀结构

（2）型号说明



（3）技术规格(见表 22.7-251)

表 22.7-251　技术规格

项　　目	数值或说明	项　　目	数值或说明
额定流量/L·min⁻¹	150	插芯拧紧力矩/N·m	60
最大压力/MPa	35	重量/kg	1PSC100：0.17；1PSC145：0.78
插芯材质	工作部件为经热处理的钢，外露部分表面镀锌	密封件号	SK177(丁腈橡胶)SK177V(氟橡胶)
块体材质	默认：铝(压力至 21MPa)；尾缀为 377 时，材质为钢	推荐油液清洁度/μm	25(额定)
		工作温度/℃	-20~90
安装方式	不受限制	泄漏量/cm^3·min^{-1}	35(在 28MPa 压力下)
插孔编号	A880	推荐粘度/mm^2·s^{-1}	5~500

(4) 特性曲线(见图 22.7-184)

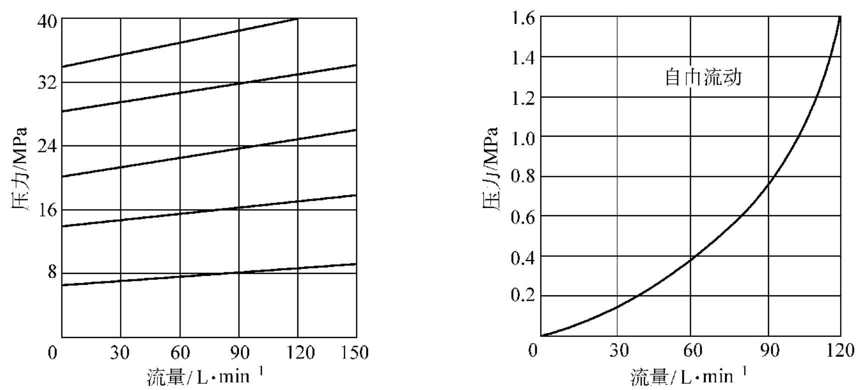


图 22.7-184　特性曲线

(5) 外形尺寸(见图 22.7-185)

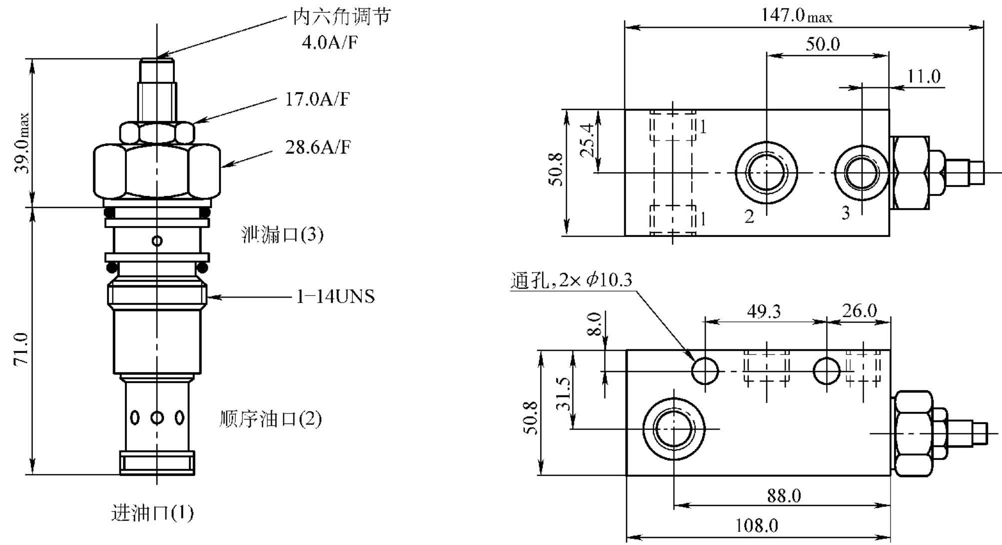


图 22.7-185　1PSC100 型顺序阀外形尺寸

6.3.1.5　1PA60型螺纹插装减压阀

（1）工作原理

1PA60型减压阀插芯滑阀结构如图22.7-186所示。

常开型式，此阀节流或关闭以维持被调节的液压系统的压力恒定。同其他的先导阀一样，先导部分因油流的流动产生压力差，造成主阀芯压力不平衡，主阀芯逐渐趋于关闭，开始减压。

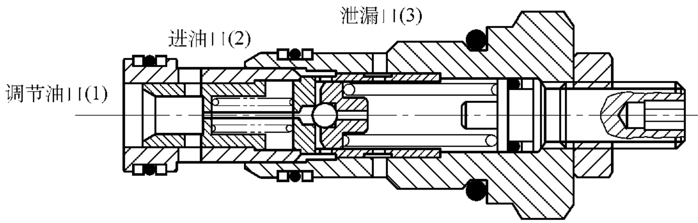


图22.7-186　1PA60型减压阀插芯滑阀结构

（2）型号说明

1PA＊＊　P　3W　35　S

基本型号
1PA60＝插芯
1PA65＝阀组(插芯和阀块体)
1PA66＝阀组(插芯和阀块体,阀块体带压力油通孔)
1PAC65＝阀组(插芯,阀块体带单向阀)

调节方式
P＝内六角螺钉调节方式(防漏型)
R＝手轮调节方式
G＝内六角螺钉调节方式(带调节保护帽型)

阀组块体上的油口尺寸
3W＝3/8″BSP　　6T＝3/8″SAE
4W＝1/2″BSP　　8T＝1/2″SAE
1/4″泄油口

压力调节范围
10＝1～10MPa 标准设置3.5MPa
20＝1.5～20MPa 标准设置10MPa
35＝3～35MPa 标准设置28MPa
标准设置在零流量条件下
(前面的数字代表死区的结束点)

密封
S＝丁腈橡胶
(适用于大多数工业用液压油)
SV＝氟橡胶
(适用于高温和特种流体介质)

（3）技术规格(见表22.7-252)

表22.7-252　技术规格

项　　目	数值或说明	项　　目	数值或说明
额定流量/L·min^{-1}	60	插芯拧紧力矩/N·m	60
最大压力/MPa	输入：35；调节：1-35	重量/kg	1PA60：0.16；1PA65：0.50；1PA66：0.76
最大压差/MPa	21　在1和2之间	密封件号	SK618(丁腈橡胶)SK618V(氟橡胶)
插芯材质	工作部件为经热处理的钢，外露部分表面镀锌	推荐油液清洁度/μm	25(额定)
块体材质	默认：铝(压力至21MPa)；尾缀为377时，材质为钢	工作温度/℃	－20～90
		泄漏量/cm^3·min^{-1}	300(标准设置)
安装方式	不受限制	推荐粘度/mm^2·s^{-1}	5～500
插孔编号	CVA-22-06-0		

（4）特性曲线(见图22.7-187)

（5）外形尺寸(见图22.7-188)

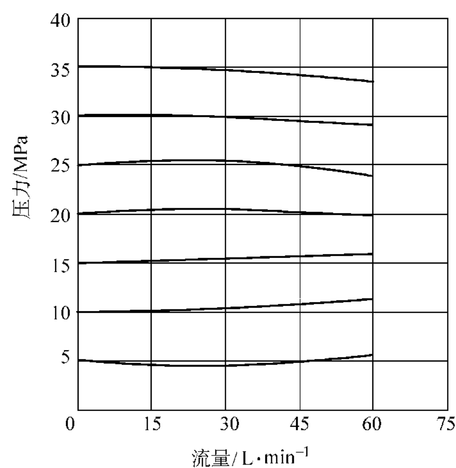
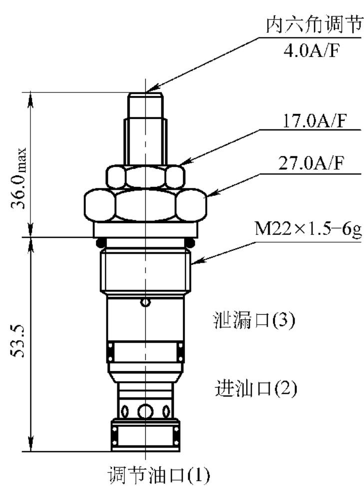
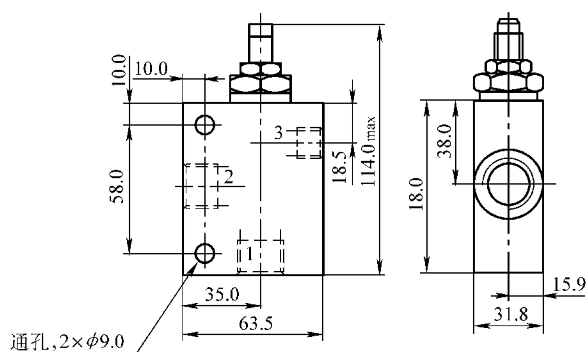


图 22.7-187　特性曲线

插芯基本型号：1PA60



阀组基本型号：1PA65　3/8″ 1/2″油口



插芯基本型号：1PA66　1/2″ 油口

阀组基本型号：1PAC65　3/8″ 1/2″油口

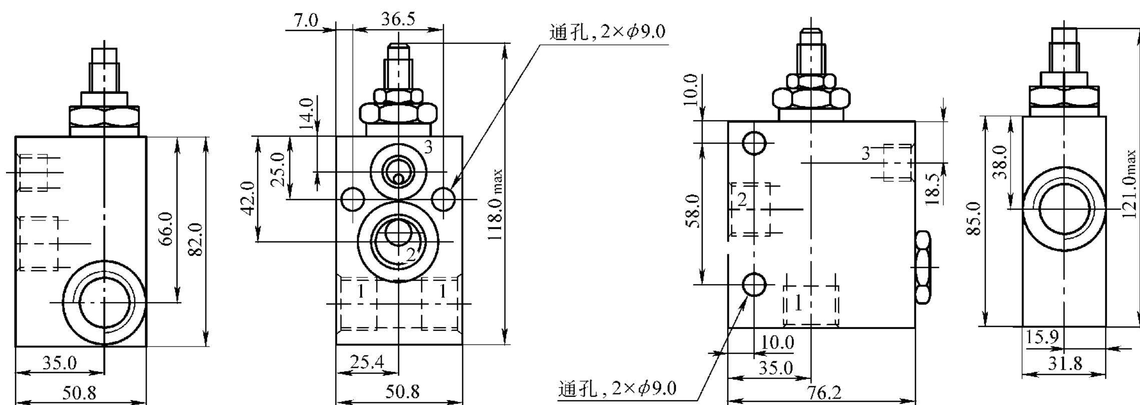


图 22.7-188　1PA 型减压阀外形尺寸

6.3.1.6　2CN20 型螺纹插装截止阀

（1）工作原理

2CN20 型截止阀插芯结构如图 22.7-189 所示。

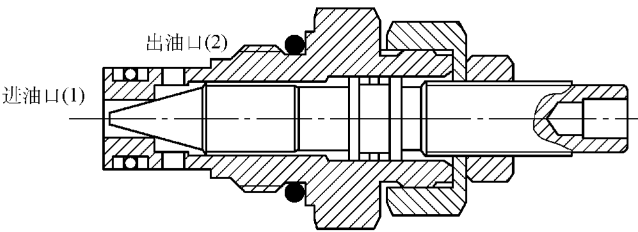


图 22.7-189　2CN20 型截止阀插芯结构

旋转调节螺钉改变阀的开闭，流量和螺钉的旋转量成正比。

（2）型号说明

2CN＊＊　P　2W　S

基本型号
2CN20 = 插芯
2CN25 = 阀组(插芯和阀块体)

调节方式
P = 内六角螺钉调节方式(防漏型)
R = 手轮调节方式

阀组块体上的油口尺寸
2W = 1/4″ BSP　4T = 1/4″ SAE
3W = 3/8″ BSP　6T = 3/8″ SAE

密封
S = 丁腈橡胶
（适用于大多数工业用液压油）
SV = 氟橡胶
（适用于高温和特种流体介质）

（3）技术规格(见表 22.7-253)

表 22.7-253　技术规格

项　　目	数值或说明
额定流量/L・min⁻¹	20
最大压力/MPa	35
插芯材质	工作部件为经热处理的钢，外露部分表面镀锌
块体材质	默认：铝(压力至 21MPa)；尾缀为 377 时，材质为钢
安装方式	不受限制
插孔编号	A879
插芯拧紧力矩/N・m	30
重量/kg	2CN20：0.12；2CN25：0.40
密封件号	SK446(丁腈橡胶)SK446V(氟橡胶)
推荐油液清洁度/μm	25(额定)
工作温度/℃	-20 ~ 90
泄漏量/cm³・min⁻¹	0.3(额定)
推荐粘度/mm²・s⁻¹	5 ~ 500

（4）特性曲线(见图 22.7-190)

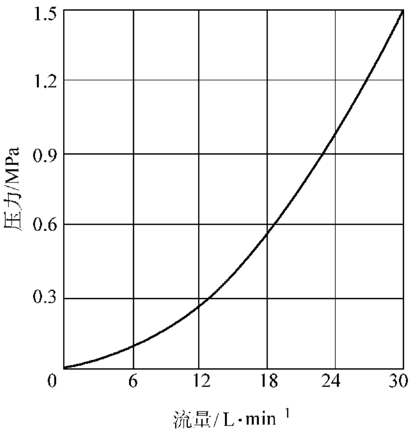


图 22.7-190　特性曲线

（5）外形尺寸(见图 22.7-191)

6.3.1.7　2CR30 型螺纹插装节流阀

（1）工作原理

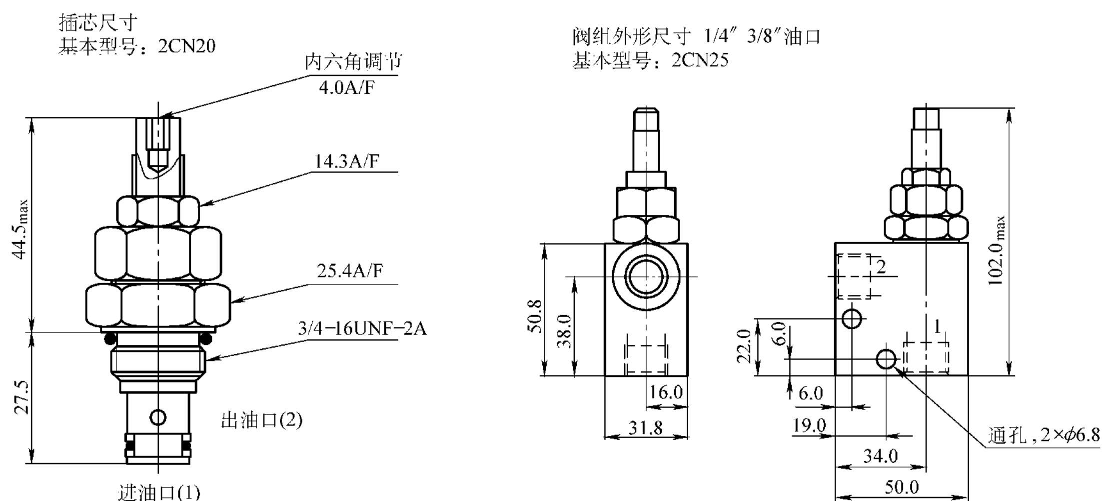


图 22.7-191　2CN20 型截止阀外形尺寸

2CR30 型节流阀插芯结构如图 22.7-192 所示。

旋转调节螺钉改变阀的开闭，流量和螺钉的旋转量成正比。

（2）型号说明

（3）技术规格（见表 22.7-254）

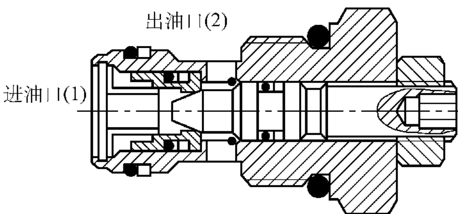


图 22.7-192　2CR30 型节流阀插芯结构

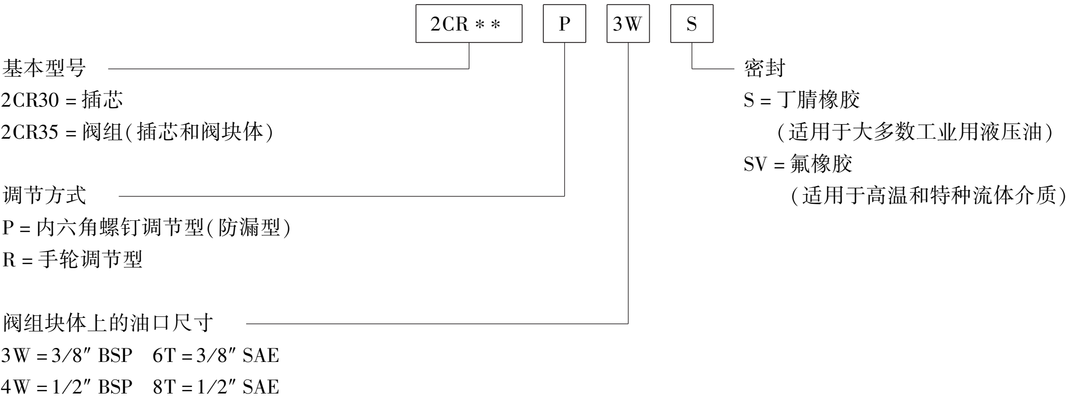


表 22.7-254　技术规格

项　　目	数值或说明	项　　目	数值或说明
额定流量/L · min⁻¹	30	插芯拧紧力矩/N · m	45
最大压力/MPa	35	重量/kg	2CR30：0.15；2CR35：0.47
插芯材质	工作部件为经热处理的钢，外露部分表面镀锌	密封件号	SK687(丁腈橡胶)SK687V(氟橡胶)
块体材质	默认：铝(压力至 21MPa)；尾缀为 377 时，材质为钢	推荐油液清洁度/μm	25(额定)
安装方式	不受限制	工作温度/℃	-20 ~ 90
插孔编号	CVA-20-01-0	泄漏量/cm^3 · min^{-1}	100(关闭)
		推荐粘度/mm^2 · s^{-1}	5 ~ 500

（4）特性曲线（见图22.7-193）

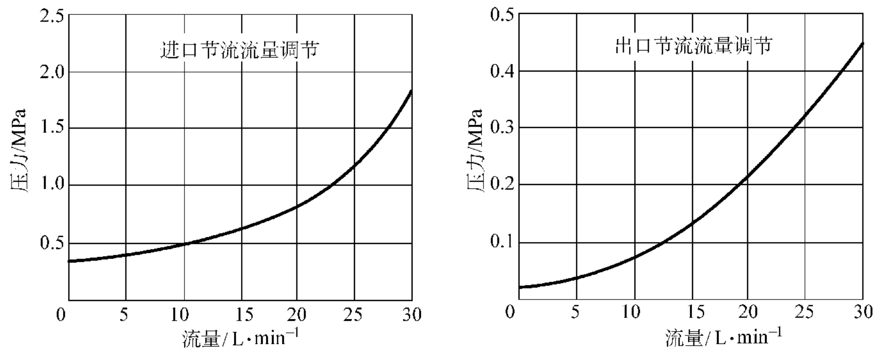


图22.7-193 特性曲线

（5）外形尺寸（见图22.7-194）

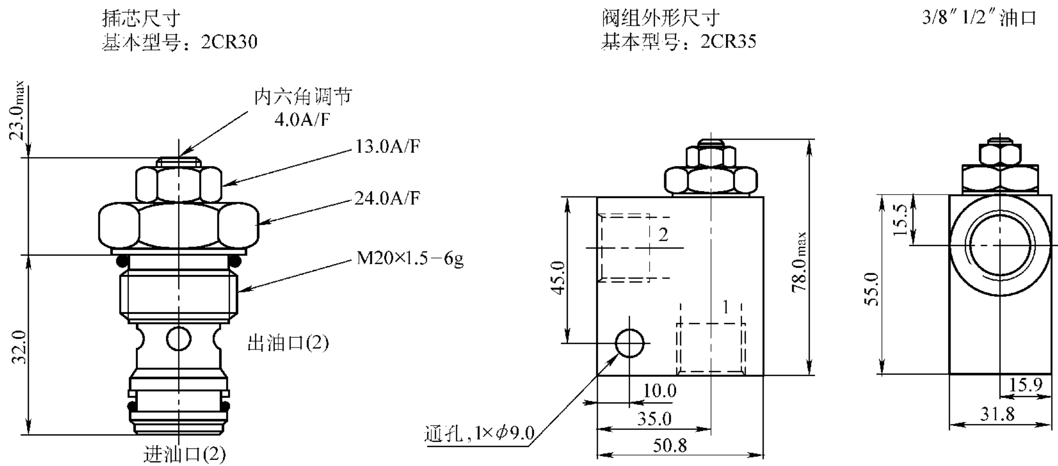


图22.7-194 2CR30型节流阀外形尺寸

6.3.1.8 4CK30螺纹插装液控单向阀

（1）工作原理

4CK30型液控单向阀插芯结构如图22.7-195所示。

作用在阀油口（2）的压力使主阀开启，油进入油缸中。当主阀芯关闭后，反向油液被阻止。控制油口的压力克服了油缸油口压力及主阀弹簧压力后，将主阀芯打开，反向油流从油缸进入阀油口。

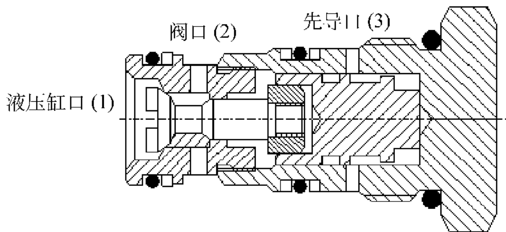
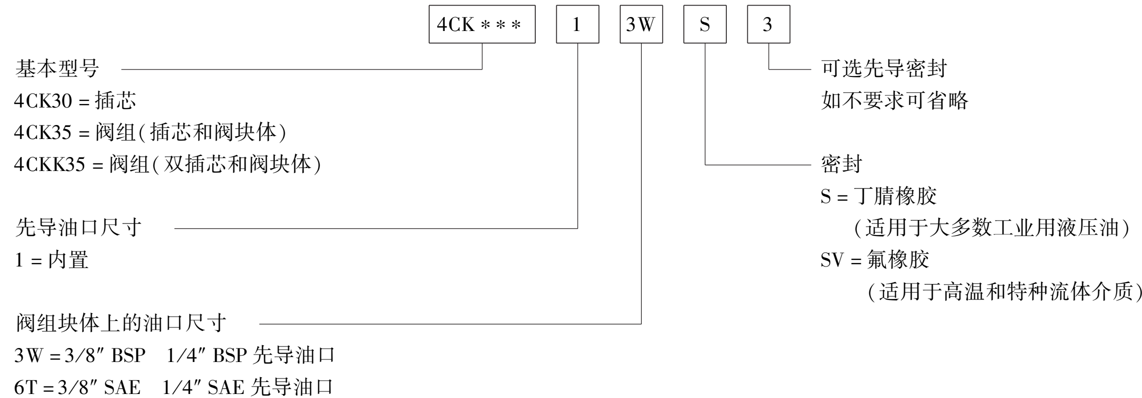


图22.7-195 4CK30型液控单向阀插芯结构

（2）型号说明



(3) 技术规格(见表22.7-255)

表22.7-255　技术规格

项　目	数值或说明
额定流量/L·min⁻¹	30
最大压力/MPa	35
插芯材质	工作部件为经热处理的钢，外露部分表面镀锌
块体材质	默认：铝(压力至21MPa)；尾缀为377时，材质为钢
安装方式	不受限制
插孔编号	A6610
插芯拧紧力矩/N·m	45
重量/kg	4CK30：0.08；4CK35：0.34
密封件号	SK430(丁腈橡胶)SK430V(氟橡胶)
推荐油液清洁度/μm	25(额定)
工作温度/℃	－20～90
泄漏量/cm³·min⁻¹	0.3(额定)
推荐粘度/mm²·s⁻¹	5～500
先导比率	3∶1

(4) 特性曲线(见图22.7-196)

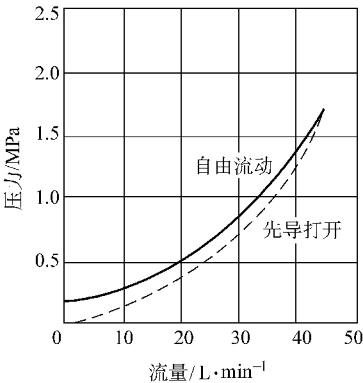


图22.7-196　特性曲线

(5) 外形尺寸(见图22.7-197)

6.3.1.9　4CK90螺纹插装液控单向阀

(1) 工作原理

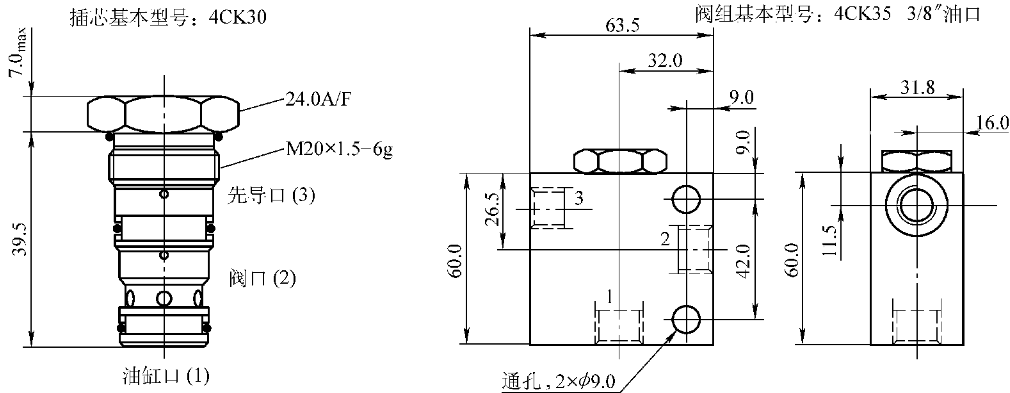


图22.7-197　4CK30型液控单向阀外形尺寸

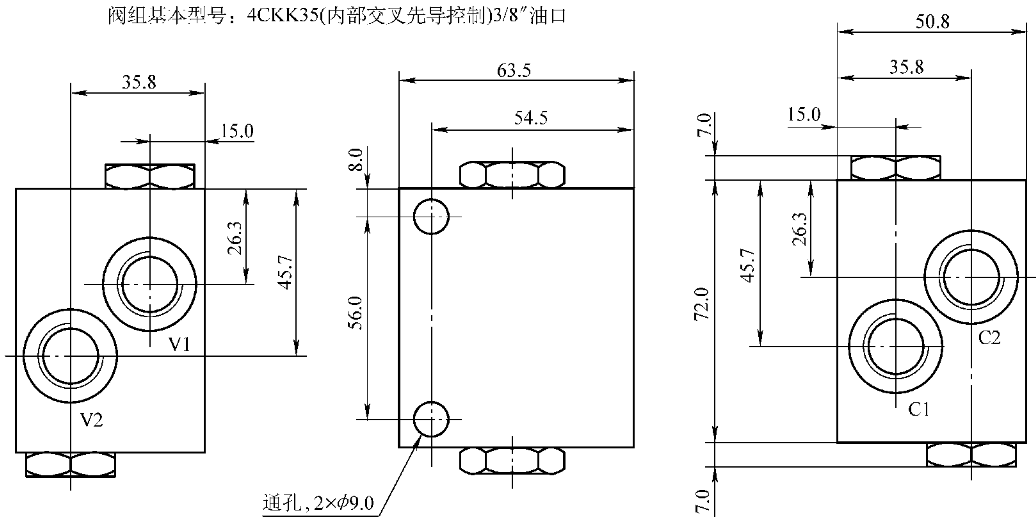


图 22.7-197　4CK30 型液控单向阀外形尺寸(续)

4CK90 型液控单向阀插芯结构如图 22.7-198 所示。

作用在阀油口的压力使主阀开启，油进入油缸中。当主阀芯关闭后，反向油液被阻止。控制油口的压力克服了油缸油口压力及主阀弹簧压力后，油口将主阀芯打开，反向油流从油缸进入阀油口。

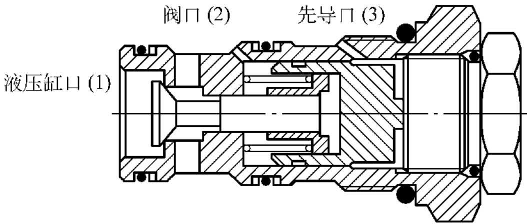
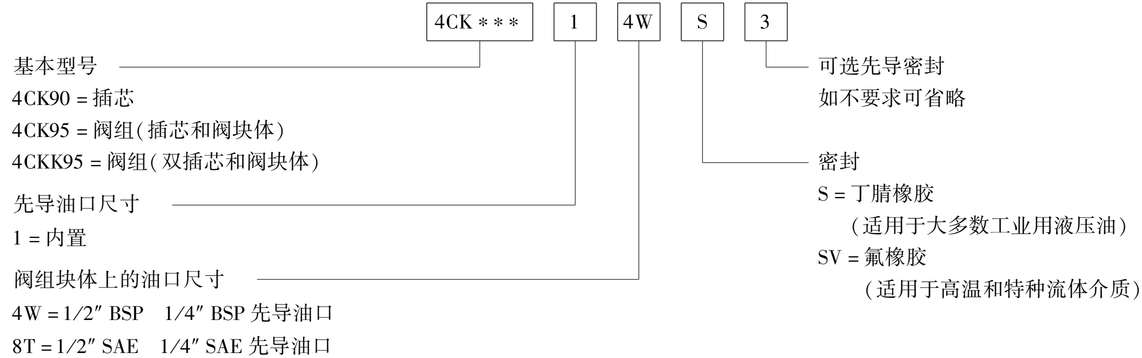


图 22.7-198　4CK90 型液控单向阀插芯结构

（2）型号说明



（3）技术规格(见表 22.7-256)

表 22.7-256　技术规格

项　目	数值或说明	项　目	数值或说明
额定流量/L·min^{-1}	90	插芯拧紧力矩/N·m	60
最大压力/MPa	35	重量/kg	4CK90：0.27；4CK95：1.33
插芯材质	工作部件为经热处理的钢，外露部分表面镀锌	密封件号	SK832(丁腈橡胶)SK832V(氟橡胶)
		推荐油液清洁度/μm	25(额定)
块体材质	默认：铝(压力至 21MPa)；尾缀为 377 时，材质为钢	工作温度/℃	-20～90
		泄漏量/cm^3·min^{-1}	0.3(额定)
安装方式	不受限制	推荐粘度/mm^2·s^{-1}	5～500
插孔编号	A12336	先导比率	4∶1

（4）特性曲线(见图 22.7-199)

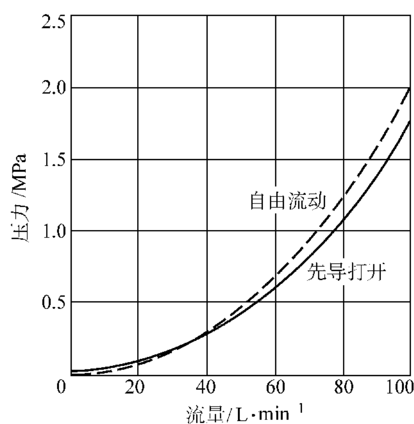


图 22.7-199　特性曲线

（5）外形尺寸(见图 22.7-200)

插芯基本型号：4CK90

18.5max
32.0A/F
M27×1.5−6g
51.0
先导口(2)
阀口 (2)
油缸口 (1)

阀组基本型号：4CK95 1/2″油口

38.1
18.0
3
2
58.0
88.5max
1
10.0
56.0
76.2
通孔，2×ϕ11.0
36.0
70.0
2
1
19.0
38.1

阀组基本型号：4CKK95(内部交叉先导控制)1/2″油口

86.5
40.5
58.0
V1
V2
88.5max
C1
C2
10.0
107.0
127.0
通孔，2×ϕ11.0
36.0
70.0
19.0
38.1

图 22.7-200　4CK90 型液控单向阀外形尺寸

6.3.1.10　S201(常开)/S202(常闭)型螺纹插装电磁换向阀

(1) 工作原理

S201(常开)/S202(常闭)型两位两通电磁换向阀锥阀结构如图 22.7-201 所示。

(2) 线圈说明

型号编码：C13-＊-＊/14。

电压值：12，24VDC；110，220VAC。采用交流线圈一定要使用整流插头。

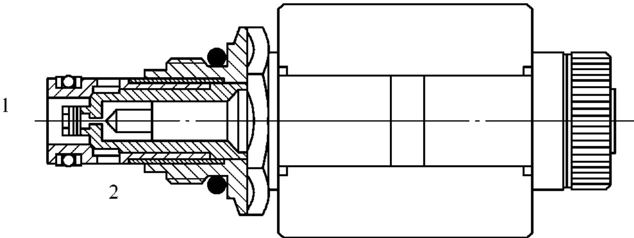
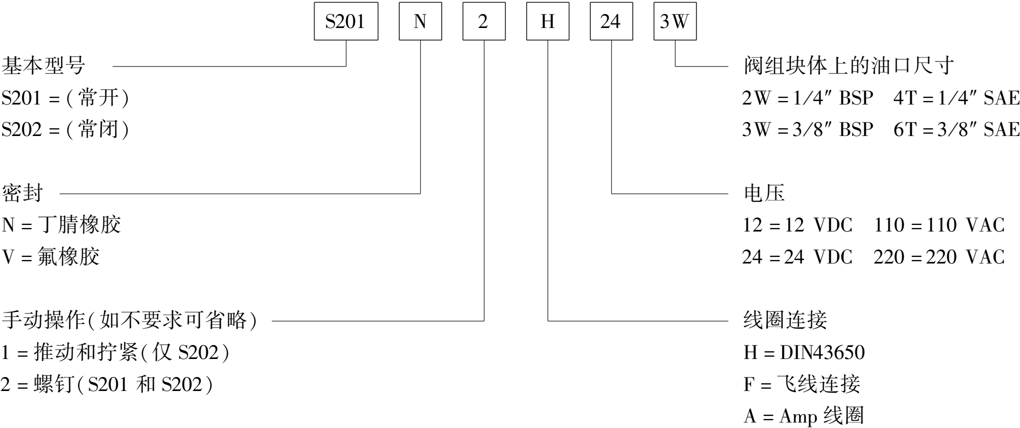


图 22.7-201　S201(常开)/S202(常闭)型两位两通方向控制阀锥阀结构

(3) 型号说明



(4) 技术规格(见表 22.7-257)

表 22.7-257　技术规格

项　　目	数值或说明		项　　目	数值或说明
基本型号编号	S201(常开)	S202(常闭)	推荐粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	15～250
示意图			推荐油液清洁度/μm	25 或更好
			介质	适用于绝大部分流体介质
			密封材质	丁腈橡胶配 PTFE 挡圈
额定流量/$L \cdot min^{-1}$	25(压差 = 0.5MPa)		密封件号	SK1043(丁腈橡胶)SK1043V(氟橡胶)
最大工作压力/MPa	21		安装方式	不受限制
块体材质	铝合金		插芯拧紧力矩/N·m	45
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	0.6(10 滴)，压力为 0～21MPa		插芯重量/kg	0.125
工作温度/℃	-20～90		插孔编号	A879
插孔编号	A6610		插芯拧紧力矩/N·m	20

(5) 特性曲线(见图 22.7-202)

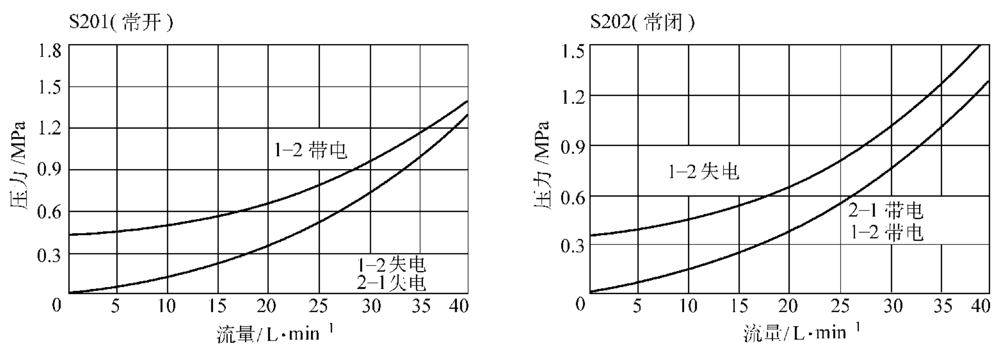
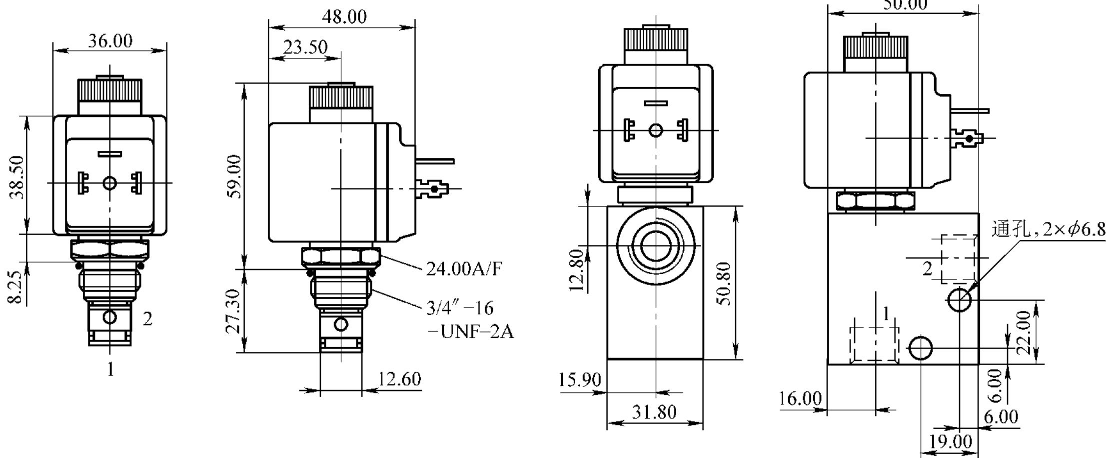


图 22. 7-202　特性曲线

（6）外形尺寸(见图 22. 7-203)



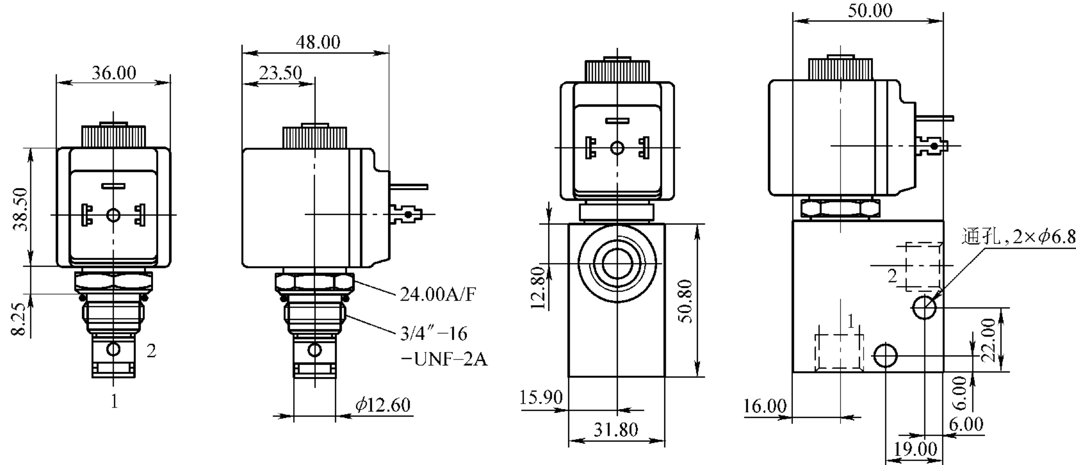


图 22. 7-203　S201/S202 型电磁换向阀外形尺寸

6.3.1.11　S501(常开)/S502(常闭)型螺纹插装方向控制阀

(1) 工作原理

S501(常开)/S502(常闭)型两位两通方向控制阀锥阀结构如图 22.7-204 所示。

(2) 线圈说明

型号编码：C16-＊-＊/19。

电压值：12，24VDC；110，220VAC。采用交流线圈一定要使用整流插头。

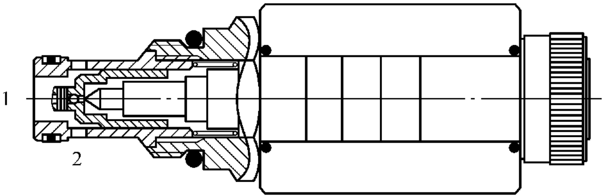
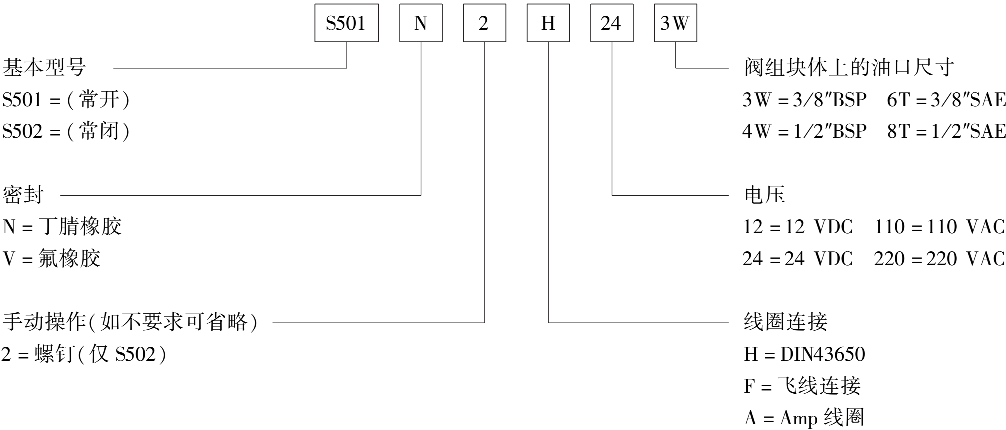


图 22.7-204　S501(常开)/S502(常闭)型两位两通方向控制阀锥阀结构

(3) 型号说明



(4) 技术规格(见表 22.7-258)

表 22.7-258　技术规格

项　目	数值或说明		项　目	数值或说明
基本型号编号	S501(常开)	S502(常闭)	推荐粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	15～250
示意图	2 1	2 1	推荐油液清洁度/μm	25 或更好
			介质	适用于绝大部分流体介质
			密封材质	丁腈橡胶配 PTFE 挡圈
额定流量/$L \cdot min^{-1}$	60(压差 = 0.5MPa)		密封件号	SK1028(丁腈橡胶)SK1028V(氟橡胶)
最大工作压力/MPa	21		安装方式	不受限制
块体材质	铝合金		插芯拧紧力矩/N · m	30
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	0.6(10 滴)，压力为 0～21MPa		插芯重量/kg	0.2
工作温度/℃	-20～90		插孔编号	A12370
插孔编号	A6610		插芯拧紧力矩/N · m	20

(5) 特性曲线(见图 22.7-205)

(6) 外形尺寸(见图 22.7-206)

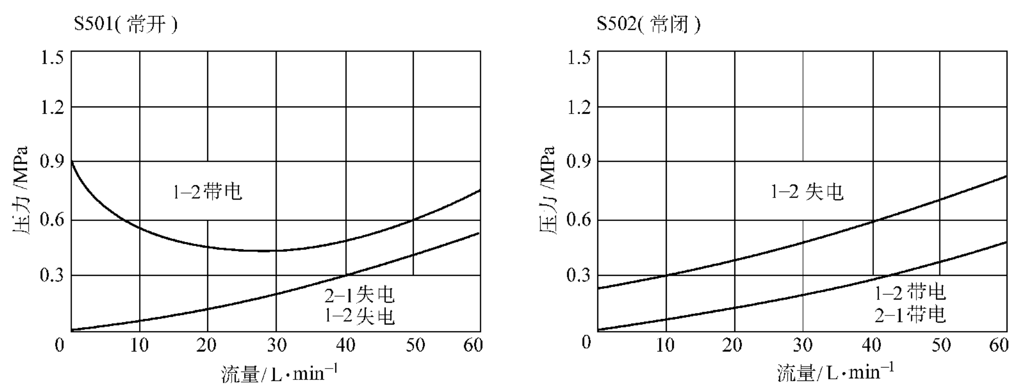
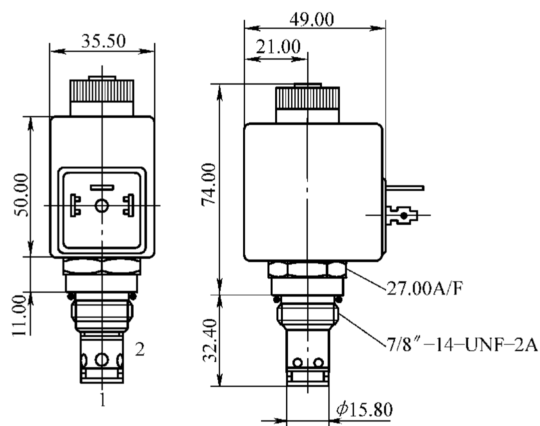
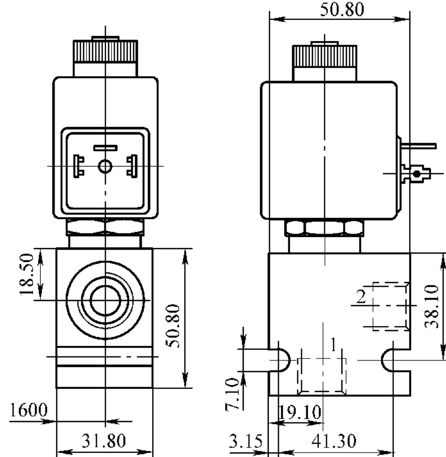
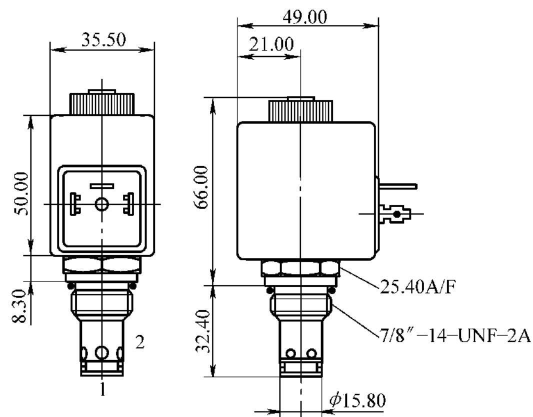


图 22. 7-205　特性曲线







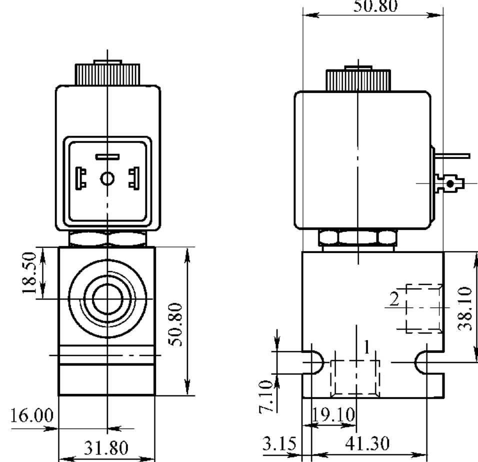


图 22. 7-206　外形尺寸

6.3.1.12　S242(H)型螺纹插装方向控制阀

（1）工作原理

S242(H)型两位四通方向控制阀插芯滑阀结构如图 22.7-207 所示。

（2）线圈说明

型号编码：C13-∗-∗/14(S242)

C13-∗-∗/27(S242H)

电压值：12，24VDC；110，220VAC。采用交流线圈一定要使用整流插头。

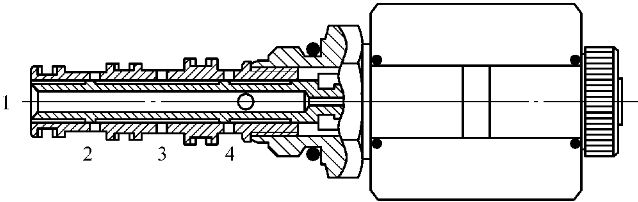
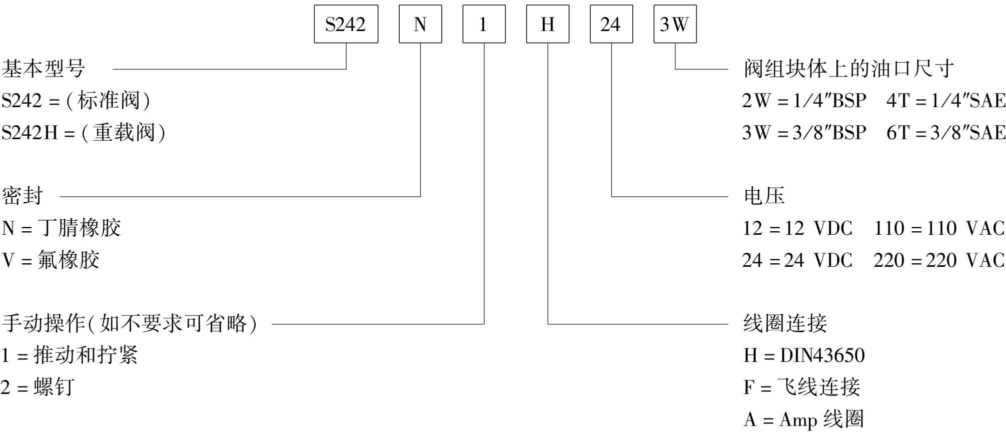


图 22.7-207　S242(H)型两位四通方向控制阀插芯滑阀结构

（3）型号说明



（4）技术规格(见表 22.7-259)

表 22.7-259　技术规格

项　目	数值或说明	项　目	数值或说明
基本型号编号	S242/S242H	插孔编号	15～250
示意图	A(2)B(4) P(3)T(1)	推荐油液清洁度/μm	25 或更好
		介质	适用于绝大部分流体介质
		密封材质	丁腈橡胶配 PTFE 挡圈
额定流量/L·min^{-1}	11(压差 = 0.5MPa)	密封件号	SK974(丁腈橡胶)SK974V(氟橡胶)
最大工作压力/MPa	21	安装方式	不受限制
块体材质	铝合金	插芯拧紧力矩/N·m	20
泄漏量/cm^3·min^{-1}	60(10 滴)，压力为 0～21MPa	插芯重量/kg	0.13
工作温度/℃	−20～120	插孔编号	A6951

（5）特性曲线(见图 22.7-208)

（6）外形尺寸(见图 22.7-209)

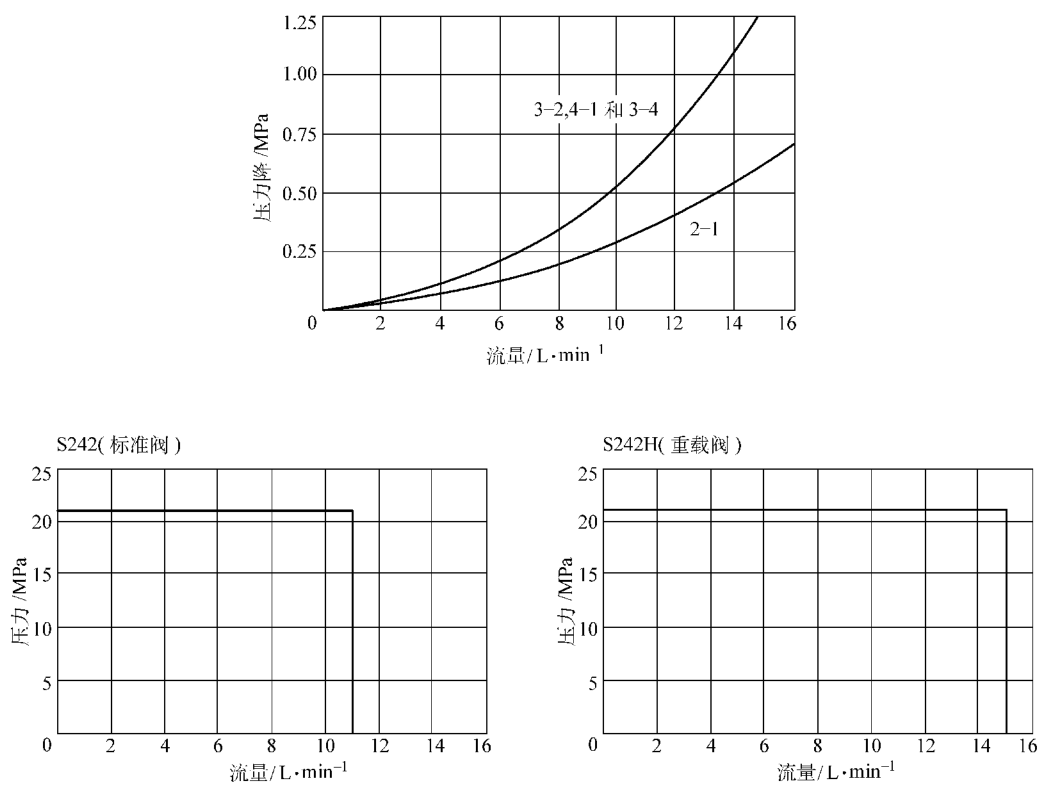


图 22.7-208　特性曲线

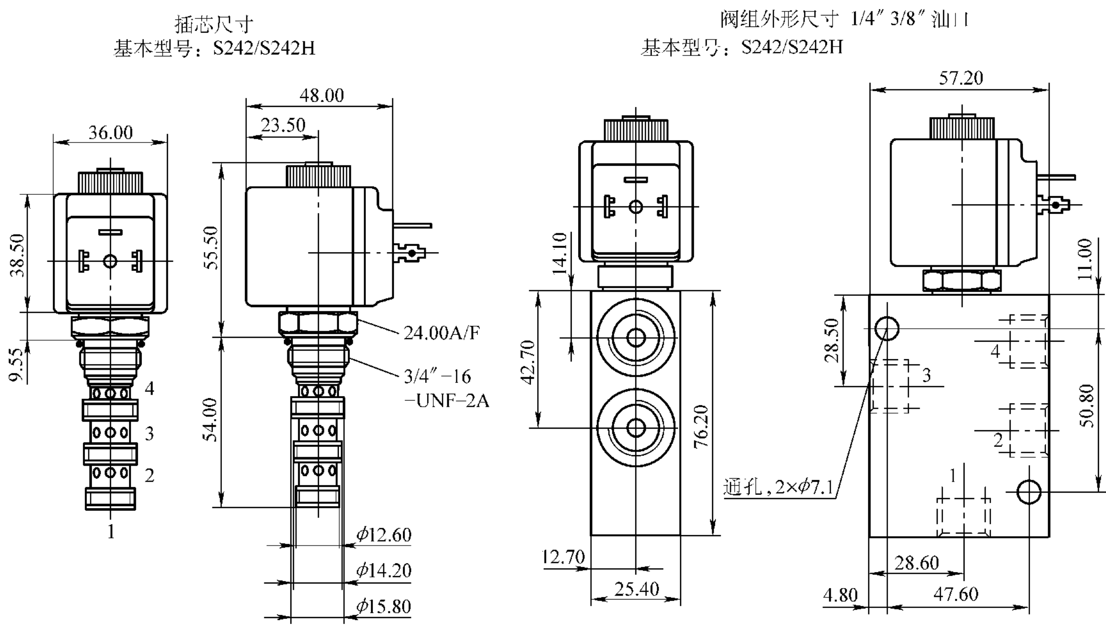


图 22.7-209　S224/S242H 型电磁换向阀外形尺寸

6.3.1.13　S270 型螺纹插装方向控制阀

（1）工作原理

S270 型三位四通方向控制阀插芯滑阀结构如图 22.7-210 所示。

（2）线圈说明

型号编码：C13-＊-＊/22。

电压值：12，24VDC；110，220VAC。采用交流线圈一定要使用整流插头。

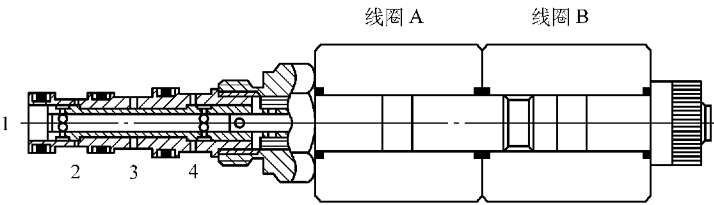
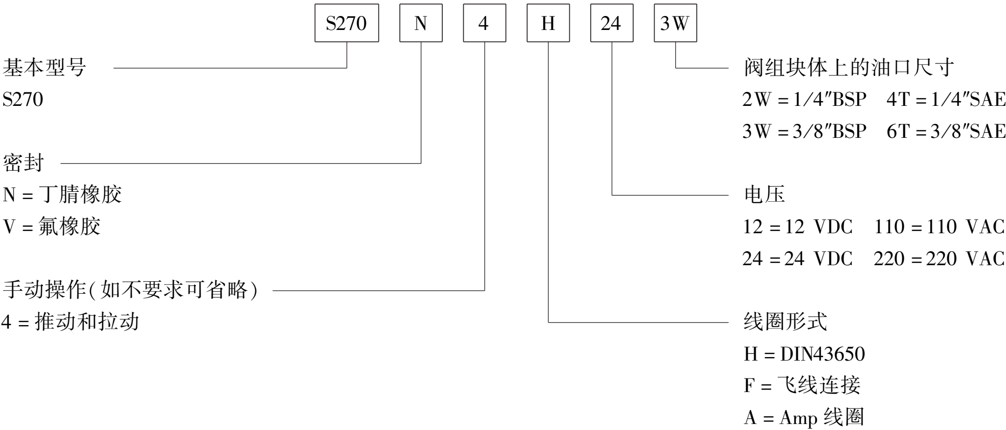


图 22.7-210　S270 型方向控制阀插芯滑阀结构

（3）型号说明



（4）技术规格(见表 22.7-260)

表 22.7-260　技术规格

项　　目	数值或说明	项　　目	数值或说明
基本型号编号	S270	推荐粘度/mm² · s⁻¹	15 ~ 250
示意图	A(2)B(4) B　A P(3)T(1)	推荐油液清洁度/μm	25 或更好
		介质	适用于绝大部分流体介质
		密封材质	丁腈橡胶配 PTFE 挡圈
额定流量/L · min⁻¹	8(压差 = 0.5MPa)	密封件号	SK974(丁腈橡胶)SK974V(氟橡胶)
最大工作压力/MPa	21	安装方式	不受限制
块体材质	铝合金	插芯拧紧力矩/N · m	20
泄漏量/cm³ · min⁻¹	100(10 滴)，压力为 0 ~ 21MPa	插芯重量/kg	0.16
工作温度/℃	−20 ~ 120	插孔编号	A6951

（5）特性曲线(见图 22.7-211)

（6）外形尺寸(见图 22.7-212)

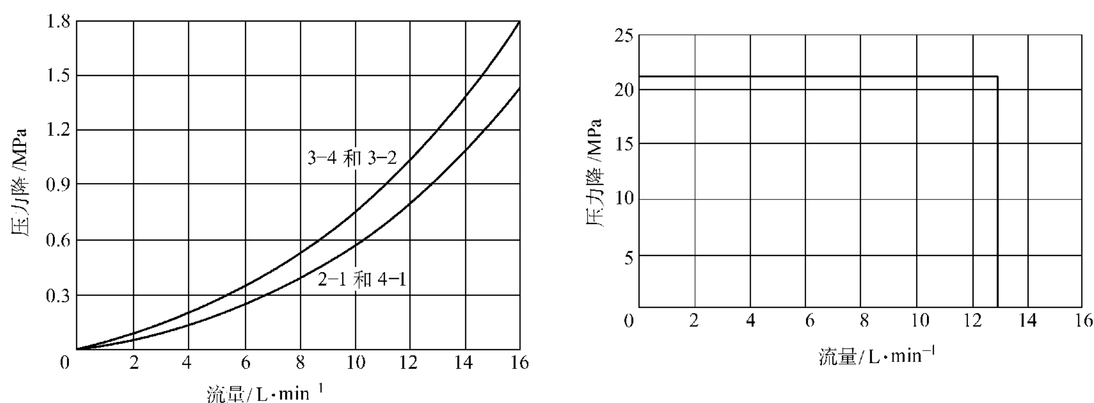


图 22.7-211　特性曲线

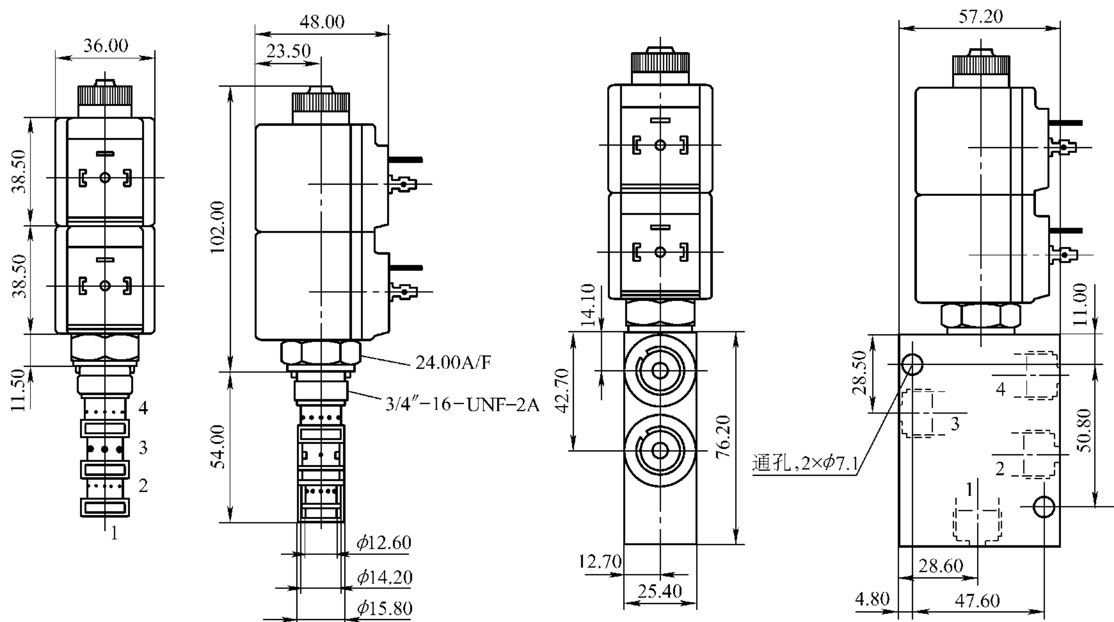


图 22.7-212　S270 型电磁换向阀外形尺寸

6.3.1.14　S570 型螺纹插装方向控制阀

(1) 工作原理

S570 型三位四通方向控制阀插芯滑阀结构如图 22.7-213 所示。

(2) 线圈说明

型号编码：C16-＊-＊/19。

电压值：12，24VDC；110，220VAC。采用交流线圈一定要使用整流插头。

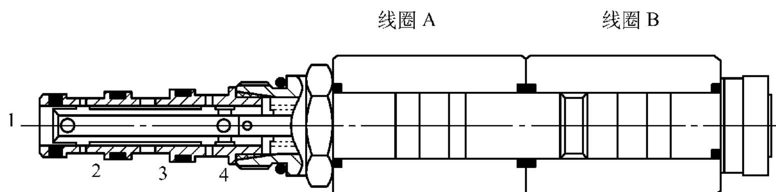
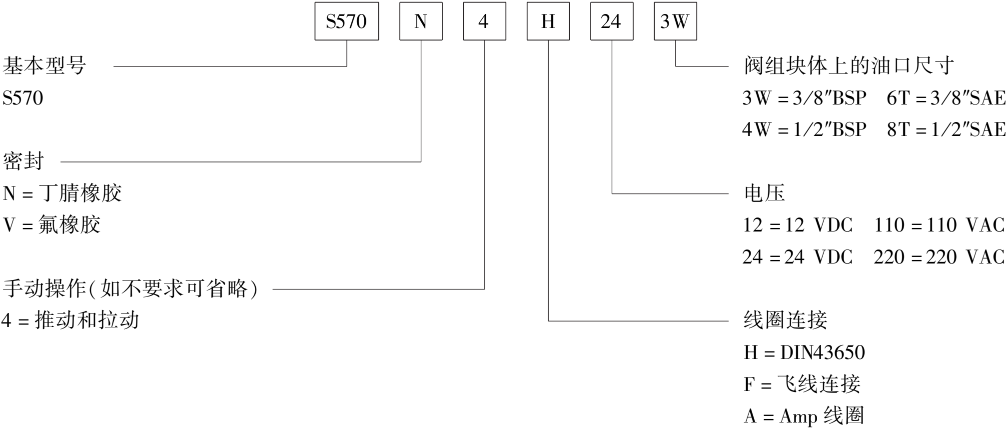


图 22.7-213　S570 型方向控制阀插芯滑阀结构

（3）型号说明



（4）技术规格(见表 22.7-261)

表 22.7-261　技术规格

项　　目	数值或说明	项　　目	数值或说明
基本型号编号	S570	推荐粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	15～250
示意图	A(2)B(4) B　A P(3)T(1)	推荐油液清洁度/μm	25 或更好
		介质	适用于绝大部分流体介质
		密封材质	丁腈橡胶配 PTFE 挡圈
额定流量/$L \cdot min^{-1}$	22(压差 = 0.5MPa)	密封件号	SK1034(丁腈橡胶)SK1034V(氟橡胶)
最大工作压力/MPa	21	安装方式	不受限制
块体材质	铝合金	插芯拧紧力矩/N · m	30
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	120(10 滴)，压力为 0～21MPa	插芯重量/kg	0.25
工作温度/℃	-20～120	插孔编号	A12744

（5）特性曲线(见图 22.7-214)

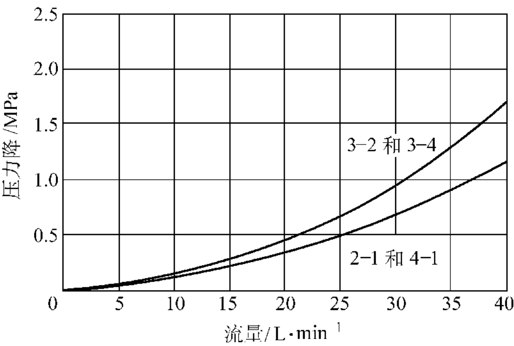


图 22.7-214　特性曲线

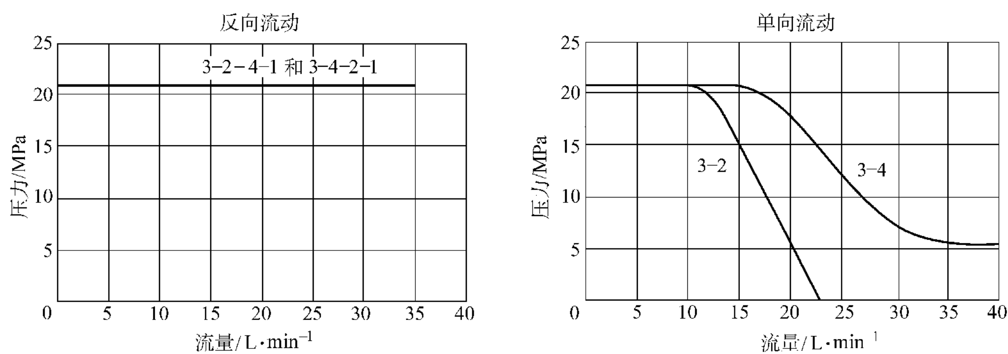


图 22.7-214　特性曲线(续)

(6) 外形尺寸(见图 22.7-215)

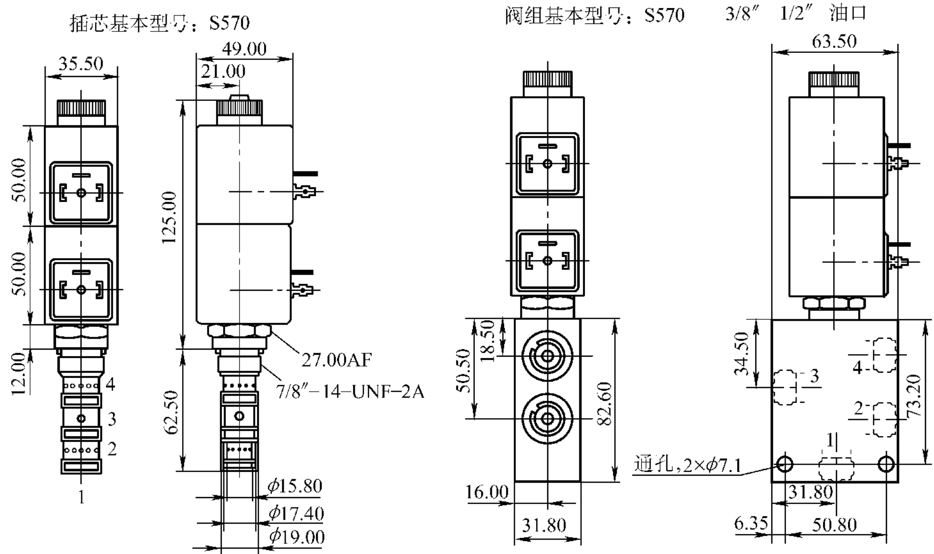
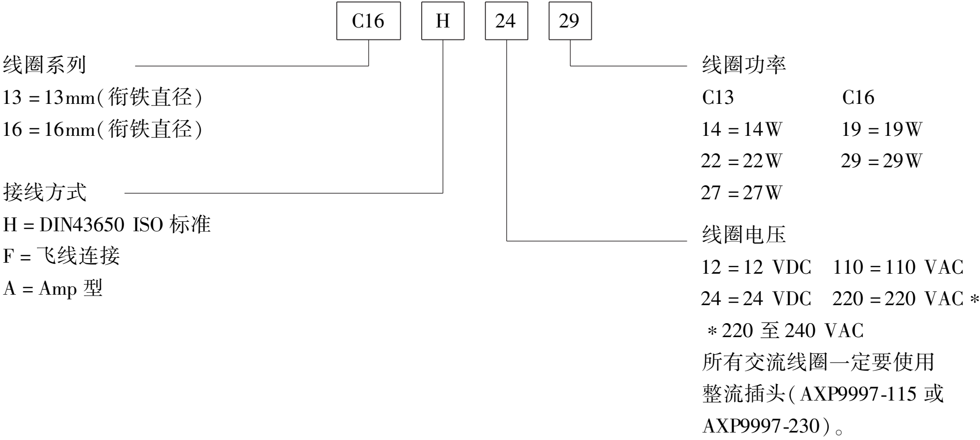


图 22.7-215　S570 型电磁换向阀外形尺寸

6.3.2　C13 和 C16 系列电磁线圈

(1) 型号说明



(2) 外形尺寸(见图 22.7-216)

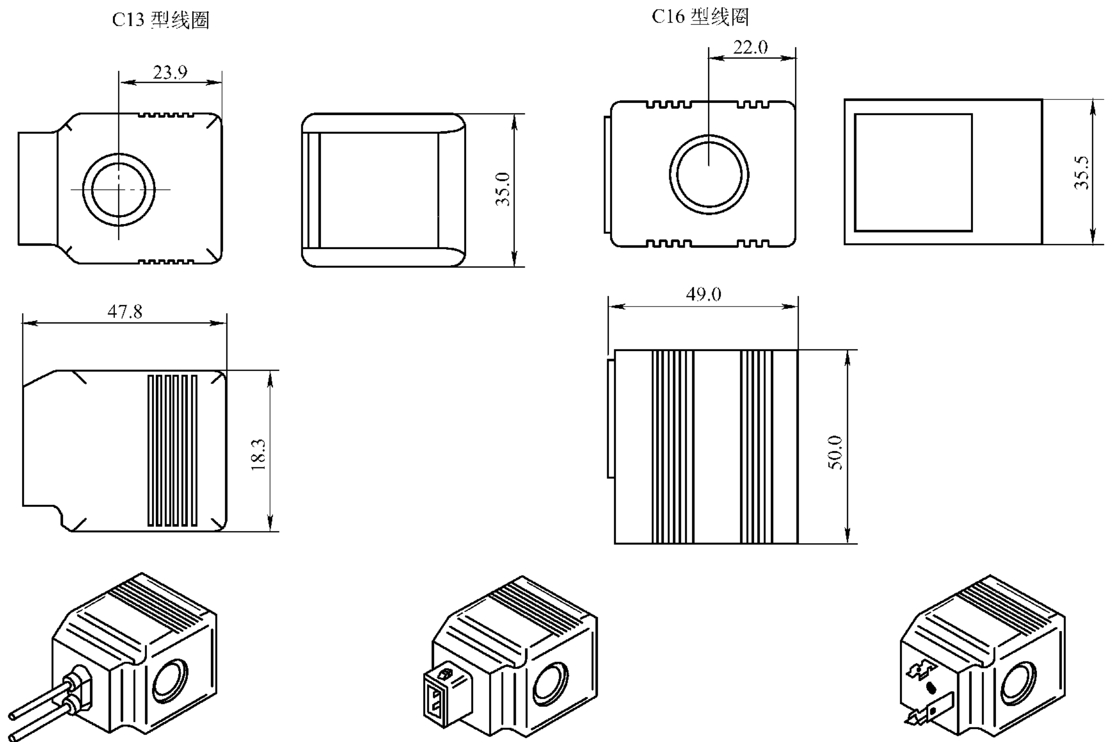


图 22. 7-216　电磁线圈外形尺寸

第 8 章　液 压 辅 件

1　蓄能器

蓄能器在液压系统中是用来储存、释放能量的装置。其主要用途为：可作为辅助液压源在短时间里提供一定数量的压力介质，满足系统对速度、压力的要求，如：可实现某支路液压缸的增速、保压、缓冲、吸收液压冲击、减小系统驱动功率等。

1.1　蓄能器的种类及特点(见表 22.8-1)

表 22.8-1　蓄能器的种类及特点

种类		结构简图	特　点	用　途	安装要求
气体加载式	气囊式	气体	油气隔离，油不易氧化，油中不易混入气体，反应灵敏，尺寸小，重量轻；气囊及壳体制造较困难，橡胶气囊要求温度范围 -20 ~ 70℃	折合型气囊容量大，适于蓄能；波纹型气囊用于吸收冲击	一般充惰性气体(如氮气)。油口应向下垂直安装。管路之间应设置开关(为充气、检查、调节时使用)
	活塞式	气体 浮动活塞 油	油气隔离，工作可靠，寿命长，尺寸小；但反应不灵敏，缸体加工和活塞密封性能要求较高，有定型产品	蓄能、吸收脉动	
	气瓶式	气体 油	容量大，惯性小，反应灵敏，占地小，没有摩擦损失；但气体易混入油内，影响液压系统运行的平稳性，必须经常灌注新气；附属设备多，一次投资大	适用于需大流量中、低压回路的蓄能	
重锤式		未画出安全挡板 大气压 重物 油 来自液压泵 通系统	结构简单，压力稳定；体积大，笨重，运动惯性大，反应不灵敏，密封处易漏油，有摩擦损失	仅作蓄能用，在大型固定设备中采用。轧钢设备中仍广泛采用(如轧辊平衡等)	柱塞上升极限位置应设安全装置或信号指示器，应均匀地安置重物
弹簧式		大气压 油	结构简单，容量小，反应较灵敏；不宜用于高压，不适于循环频率较高的场合	仅供小容量及低压($p \leqslant 1 \sim 12$MPa)系统作蓄能及缓冲用	应尽量靠近振动源

1.2　蓄能器在系统中的应用(见表22.8-2)

表22.8-2　蓄能器在系统中的应用

用途		系统图	用途	系统图
储蓄液压能用	(1) 对于间歇负载，能减少液压泵的传动功率 当液压缸需要较多油量时，蓄能器与液压泵同时供油；当液压缸不工作时，液压泵给蓄能器充油，达到一定压力后液压泵停止运转		(4) 保持系统压力：补充液压系统的漏油，或用于液压泵长时期停止运转而要保持恒压的设备上	
	(2) 在瞬间提供大量压力油		(5) 驱动二次回路：机械在由于调整检修等原因而使主回路停止时，可以使用蓄能器的液压能来驱动二次回路	
	(3) 紧急操作：在液压装置发生故障和停电时，作为应急的动力源		(6) 稳定压力：在闭锁回路中，由于油温升高而使液体膨胀，产生高压可使用蓄能器吸收，对容积变化而使油量减少时，也能起补偿作用	
缓和冲击及消除脉动用				
(1) 吸收液压泵的压力脉动			(2) 缓和冲击：如缓和阀在迅速关闭和变换方向时所引起的水锤现象	

注：1. 缓和冲击的蓄能器，应选用惯性小的蓄能器，如气囊式蓄能器、弹簧式蓄能器等。
2. 缓和冲击的蓄能器，一般尽可能安装在靠近发生冲击的地方，并垂直安装，油口向下。如实在受位置限制，垂直安装不可能时，再水平安装。
3. 在管路上安装蓄能器，必须用支板或支架将蓄能器固定，以免发生事故。
4. 蓄能器应安装在远离热源的地方。

1.3　各种蓄能器的性能及用途(见表22.8-3)

表22.8-3　各种蓄能器的性能及用途

型式				性能						用途		
				响应	噪声	容量的限制	最大压力/MPa	漏气	温度范围/℃	蓄能用	吸收脉动冲击用	传递异性液体用
气体加载式	隔离式	可挠型	气囊式	良好	无	有(480L左右)	35	无	-10～120	可	可	可
			隔膜式	良好	无	有(0.95～11.4L)	7	无	-10～70	可	可	可
			直通气囊式	好	无	有	21	无	-10～70	不可	很好	不可
			金属波纹管式	良好	无	有	21	无	-50～120	可	可	不可

（续）

<table>
<tr><th colspan="4" rowspan="2">型　　式</th><th colspan="6">性　　能</th><th colspan="3">用　　途</th></tr>
<tr><th>响应</th><th>噪声</th><th>容量的限制</th><th>最大压力/MPa</th><th>漏气</th><th>温度范围/℃</th><th>蓄能用</th><th>吸收脉动冲击用</th><th>传递异性液体用</th></tr>
<tr><td rowspan="3">气体加载式</td><td rowspan="2">隔离式</td><td rowspan="2">非可挠型</td><td>活塞式</td><td>不太好</td><td>有</td><td>可作成较大容量</td><td>21</td><td>小量</td><td>-50～120</td><td>可</td><td>不太好</td><td>可</td></tr>
<tr><td>差动活塞式</td><td>不太好</td><td>有</td><td>可作成较大容量</td><td>45</td><td>无</td><td>-50～120</td><td>可</td><td>不太好</td><td>不可</td></tr>
<tr><td colspan="3">非隔离式</td><td>良好</td><td>无</td><td>可作成大容量</td><td>5</td><td>有</td><td>无特别限制</td><td>可</td><td>不太好</td><td>不可</td></tr>
<tr><td colspan="4">重力加载式</td><td>不好</td><td>有</td><td>可作成较大容量</td><td>45</td><td></td><td>-50～120</td><td>可</td><td>不好</td><td>不可</td></tr>
<tr><td colspan="4">弹簧加载式</td><td>不好</td><td>有</td><td>有</td><td>1.2</td><td>—</td><td>-50～120</td><td>可</td><td>不太好</td><td>可</td></tr>
</table>

1.4　蓄能器的容量计算(见表 22.8-4)

表 22.8-4　蓄能器的容量计算

应用场合	容积计算公式	说　明
作辅助动力源	$V_0 = \dfrac{V_x(p_1/p_0)^{\frac{1}{n}}}{1-(p_1/p_2)^{\frac{1}{n}}}$	V_0—所需蓄能器的容积(m^3) p_0—充气压力(Pa)，按 $0.9p_1>p_0>0.25p_2$ 充气 V_x—蓄能器的工作容积(m^3) p_1—系统最低压力(Pa) p_2—系统最高压力(Pa) n—指数；等温时取 $n=1$；绝热时取 $n=1.4$
吸收泵的脉动	$V_0 = \dfrac{AkL(p_1/p_0)^{\frac{1}{n}}\times 10^3}{1-(p_1/p_2)^{\frac{1}{n}}}$	A—缸的有效面积(m^2) L—柱塞行程(m) k—与泵的类型有关的系数： 泵的类型　系数 k 单缸单作用　0.60 单缸双作用　0.25 双缸单作用　0.25 双缸双作用　0.15 三缸单作用　0.13 三缸双作用　0.06 p_0—充气压力，按系统工作压力的 60% 充气
吸收冲击	$V_0=\dfrac{m}{2}v^2\left(\dfrac{0.4}{p_0}\right)\left[\dfrac{10^3}{\left(\dfrac{p_2}{p_0}\right)^{0.285}-1}\right]$	m—管路中液体的总重量(kg) v—管中流速(m/s) p_0—充气压力(Pa)，按系统工作压力的 90% 充气

注：1. 充气压力按应用场合选用。
2. 蓄能器工作循环在 3min 以上时，按等温条件计算，其余均按绝热条件计算。

1.5　蓄能器使用注意事项

蓄能器属于压力容器，在使用中应注意下列事项：

1）不能在使用时进行焊接、铆焊或机械加工。

2）蓄能器应安放在便于检查和维修的位置，并远离热源。

3）蓄能器绝对禁止充氧气，以免引起爆炸。

4）必须将蓄能器牢固地固定安装在托架或基础上，从而防止蓄能器从固定部位脱开时发生飞起伤人事故。

5）蓄能器铭牌应置于醒目的位置。

6）用作降低噪声、吸收脉动和液压冲击的蓄能器应尽可能靠近振动源处。

7）在蓄能器与液压泵之间应装设单向阀，以防止泵停止工作时蓄能器中的压力油倒灌。

8）蓄能器与系统之间应装设截止阀，截止阀供充气、检查、维修或较长时间停机时使用。

9）不能拆卸在充油状态下的蓄能器。

10）非隔离式蓄能器及气囊式蓄能器的安装，原则上应该油口向下，充气阀朝上垂直装设。

11）检查蓄能器充气压力的方法：将压力表装在蓄能器油口附近，用泵向蓄能器注满油液，然后使泵停止，让压力油通过与蓄能器相接的阀慢慢从蓄能器流出。在排油过程中观察压力表，压力表指针慢慢下降，达到蓄能器充气压力值时，蓄能器中的提升阀就关闭，所以压力表指针迅速降到零。在压力表迅速下降之前压力表上的读数，即为蓄能器的充气压力。此外，还可以利用充气工具直接检查充气压力，由于每检查一次都要放掉一点气体，所以这种方法不宜用于容量很小的蓄能器。

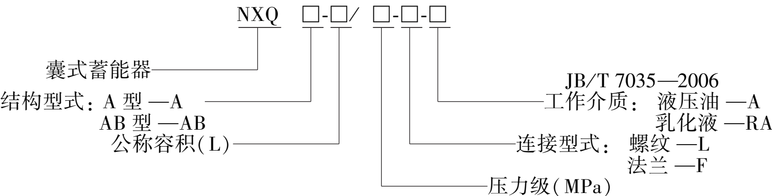
12）长期零压搁置有时会缩短橡胶气囊的使用寿命，故应注意。

1.6　蓄能器产品

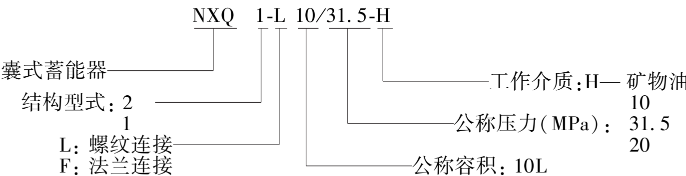
1.6.1　NXQ 型气囊式蓄能器

（1）型号说明

1）标准型号

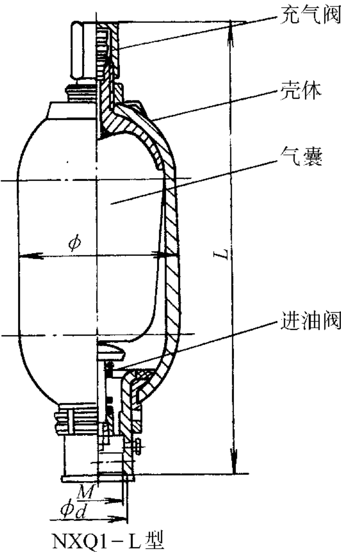


2）奉化液压件厂型号

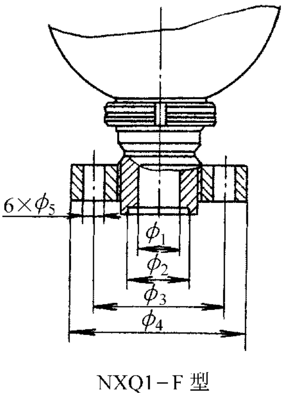


（2）规格及外形尺寸（见表 22.8-5）

表 22.8-5　规格及外形尺寸　　（mm）



NXQ1－L 型



NXQ1－F 型

（续）

<table>
<tr><th rowspan="2">型　　号</th><th rowspan="2">压力
/MPa</th><th rowspan="2">容积
/L</th><th colspan="9">基 本 尺 寸</th><th rowspan="2">重量
/kg</th></tr>
<tr><th>M</th><th>ϕd</th><th>ϕ_1</th><th>ϕ_2</th><th>ϕ_3</th><th>ϕ_4</th><th>ϕ_5</th><th>L</th><th>ϕ</th></tr>
<tr><td>NXQ1-L0. 25/∗-H</td><td rowspan="17">∗：10
20
31. 5</td><td>0. 25</td><td>M22×1. 5</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td><td>260</td><td>56</td><td>2</td></tr>
<tr><td>NXQ1-L0. 4/∗-H</td><td>0. 4</td><td rowspan="3">M27×2</td><td>260</td><td rowspan="2">89</td><td>3</td></tr>
<tr><td>NXQ1-L0. 63/∗-H</td><td>0. 63</td><td>320</td><td>3. 5</td></tr>
<tr><td>NXQ1-L1/∗-H</td><td>1</td><td>330</td><td>114</td><td>5. 5</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$1. 6/∗-H</td><td>1. 6</td><td rowspan="4">M42×2</td><td rowspan="4">50</td><td rowspan="4">42</td><td rowspan="4">50</td><td rowspan="4">97</td><td rowspan="4">130</td><td rowspan="4">17</td><td>365</td><td rowspan="4">152</td><td>12. 5</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$2. 5/∗-H</td><td>2. 5</td><td>430</td><td>15</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$4/∗-H</td><td>4</td><td>540</td><td>18. 5</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$6. 3/∗-H</td><td>6. 3</td><td>710</td><td>25. 5</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$10/∗-H</td><td>10</td><td rowspan="4">M60×2</td><td rowspan="4">70</td><td rowspan="4">50</td><td rowspan="4">65</td><td rowspan="4">125</td><td rowspan="4">160</td><td rowspan="4">21</td><td>650</td><td rowspan="4">219</td><td>42</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$16/∗-H</td><td>16</td><td>860</td><td>57</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$25/∗-H</td><td>25</td><td>1160</td><td>77</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$40/∗-H</td><td>40</td><td>1680</td><td>113</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$40/∗-H</td><td>40</td><td rowspan="4">M72×2</td><td rowspan="4">80</td><td rowspan="4">70</td><td rowspan="4">80</td><td rowspan="4">150</td><td rowspan="4">200</td><td rowspan="4">26</td><td>1050</td><td rowspan="4">299</td><td>127</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$63/∗-H</td><td>63</td><td>1470</td><td>167</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$80/∗-H</td><td>80</td><td>1810</td><td>208</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$100/∗-H</td><td>100</td><td>2190</td><td>250</td></tr>
<tr><td>NXQ△-$\begin{smallmatrix}L\\F\end{smallmatrix}$150/∗-H</td><td>150</td><td>M80×3</td><td>90</td><td>80</td><td>90</td><td>170</td><td>230</td><td>28</td><td>2450</td><td>351</td><td>445</td></tr>
</table>

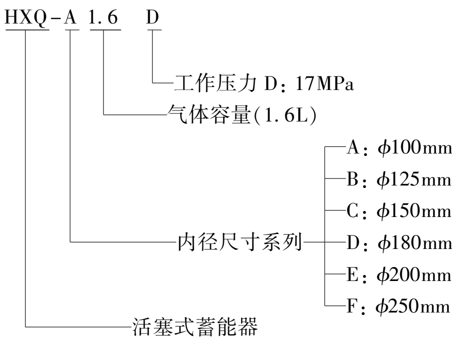
注：1. “△”为结构型式1、2。

2. 生产厂：奉化奥莱尔液压公司、四平液压件厂。

1.6.2 HXQ 型活塞式蓄能器

HXQ 型活塞式蓄能器是隔离式液压能蓄贮装置，可用来稳定压力，以消除油路系统中压力的脉动冲击；也可用作液压能的蓄贮及补给装置，利用蓄能器在短时间内释放出工作油液，以补充泵供油量的不足，可使用泵周期限卸荷。该蓄能器具有使用寿命较长，油气隔离，油液不易氧化等优点。缺点是活塞上有摩擦损失。

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.8-6)

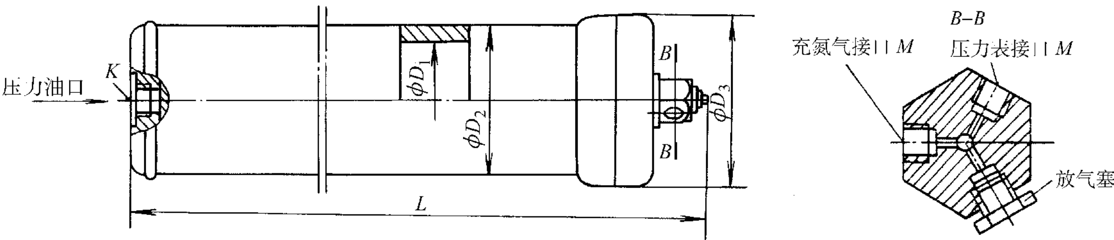
表 22.8-6 技术规格

<table>
<tr><th rowspan="2">型 号</th><th>气体容积</th><th colspan="2">压力/MPa</th><th>重量</th></tr>
<tr><th>/L</th><th>最高工作压力</th><th>耐压</th><th>/kg</th></tr>
<tr><td>HXQ-A1.0D</td><td>1</td><td rowspan="9">17.0</td><td rowspan="9">25.5</td><td>18</td></tr>
<tr><td>HXQ-A1.6D</td><td>1.6</td><td>20</td></tr>
<tr><td>HXQ-A2.5D</td><td>2.5</td><td>24</td></tr>
<tr><td>HXQ-B4.0D</td><td>4</td><td>42</td></tr>
<tr><td>HXQ-B6.3D</td><td>6.3</td><td>51</td></tr>
<tr><td>HXQ-B10</td><td>10</td><td>67</td></tr>
<tr><td>HXQ-C16D</td><td>16</td><td>110</td></tr>
<tr><td>HXQ-C25D</td><td>25</td><td>147</td></tr>
<tr><td>HXQ-C39D</td><td>39</td><td>208</td></tr>
<tr><td>HXQ-D16Z</td><td>16</td><td rowspan="8">20</td><td rowspan="8">27</td><td>149</td></tr>
<tr><td>HXQ-D25Z</td><td>25</td><td>176</td></tr>
<tr><td>HXQ-D40Z</td><td>40</td><td>222</td></tr>
<tr><td>HXQ-E40Z</td><td>40</td><td>279</td></tr>
<tr><td>HXQ-E63Z</td><td>63</td><td>358</td></tr>
<tr><td>HXQ-F63Z</td><td>63</td><td>382</td></tr>
<tr><td>HXQ-F80Z</td><td>80</td><td>428</td></tr>
<tr><td>HXQ-F100Z</td><td>100</td><td>483</td></tr>
</table>

（3）外形尺寸(见表 22.8-7)

表 22.8-7 活塞式蓄能器外形尺寸 (mm)

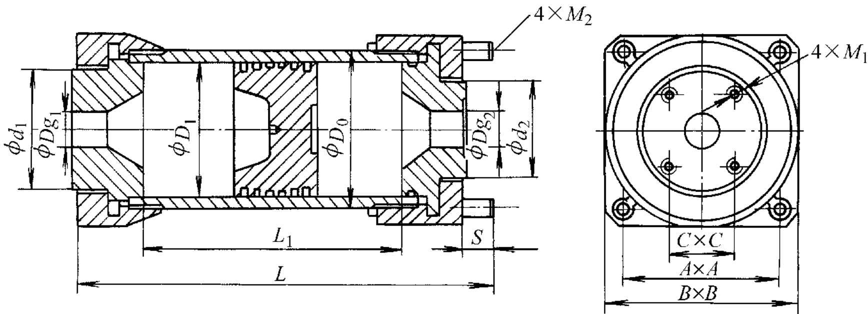
1）管式连接



<table>
<tr><th>型 号</th><th>公称通径/mm</th><th>ϕD1</th><th>ϕD2</th><th>ϕD3</th><th>L</th><th>K</th><th>M</th><th>备 注</th></tr>
<tr><td>HXQ-A1.0D</td><td rowspan="3">20</td><td rowspan="2">100</td><td rowspan="2">127</td><td rowspan="2">145</td><td>327①
324②</td><td rowspan="2">3/4in①
M27×2②</td><td rowspan="9">M12×1.25</td><td rowspan="9">① 榆次液压有限公司的产品数据
② 四平液压件厂的产品数据</td></tr>
<tr><td>HXQ-A1.6D</td><td>402①
399②</td></tr>
<tr><td>HXQ-A2.5D</td><td>100</td><td>127</td><td>145</td><td>517①
514②</td><td>3/4in①
M27×2②</td></tr>
<tr><td>HXQ-B4.0D</td><td rowspan="6">25</td><td rowspan="3">125</td><td rowspan="3">152①
159②</td><td rowspan="3">185</td><td>557①
562②</td><td rowspan="6">1in①
M33×2②</td></tr>
<tr><td>HXQ-B6.3D</td><td>747①
752②</td></tr>
<tr><td>HXQ-B10D</td><td>1057①
1062②</td></tr>
<tr><td>HXQ-C16D</td><td rowspan="3">150</td><td rowspan="3">194</td><td rowspan="3">220</td><td>1177</td></tr>
<tr><td>HXQ-C25D</td><td>1687</td></tr>
<tr><td>HXQ-C39D</td><td>2480</td></tr>
</table>

（续）

2）法兰连接



型　　号	ϕD_1	ϕD_0	L	L_1	M_1	M_2	S	A	B	C	ϕd_1	ϕd_2	ϕDg_1	ϕDg_2
HXQ-D16Z	180	212	948	834	M16	M24	28.2	190	260	73	145	140	30	40
HXQ-D25Z			1302	1188										
HXQ-D40Z			1892	1778										
HXQ-E40Z	200	240	1618	1494	M16	M24	33	230	290	73	150	140	50	50
HXQ-E63Z			2350	2226										
HXQ-F63Z	250	292	1668	1544	M20	M30	43	250	340	103	200	160	65	65
HXQ-F80Z			2014	1890									80	80
HXQ-F100Z			2424	2300										

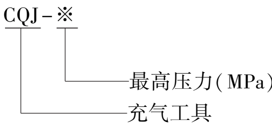
生产厂：奉化奥莱尔液压公司。

1.7　蓄能器辅件

1.7.1　CQJ 型充氮工具

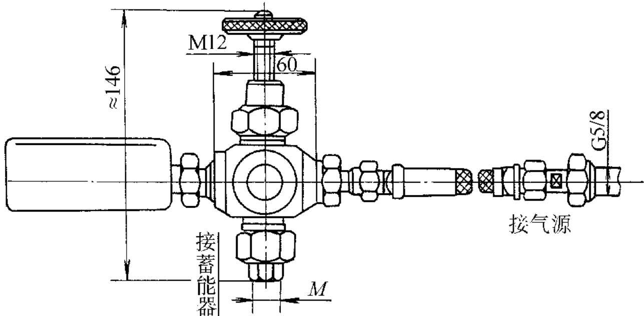
充气工具是蓄能器进行充气、检验充气压力的专用工具。

（1）型号说明



（2）技术规格及外形尺寸(见表 22.8-8)

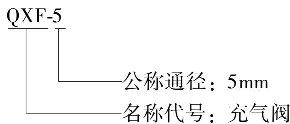
表 22.8-8　充气工具技术规格及外形尺寸



充气工具型号	公称压力/MPa	与蓄能器连接尺寸 M	配用蓄能器型号	配用压力表		胶 管 规 格	
				刻度范围/MPa	精度等级	内径×钢丝层数	长度/mm
CQJ-16	10	M14×1.5	NXQ-$^{L}_{F}$※/10	16	1.5	ϕ8×1	1000～3000
CQJ-25	20		NXQ-$^{L}_{F}$※/20	25		ϕ8×2	
CQJ-40	31.5		NXQ-$^{L}_{F}$※/31.5	40		ϕ8×3	

1.7.2　QXF 型蓄能器充气阀

（1）型号说明

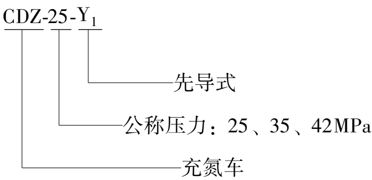


（2）技术规格及外形尺寸(见表22.8-9)

1.7.3　CDZ 型充氮车

充氮车为蓄能器及各种高压容器充装高压氮气的专用增压装置。

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.8-10)

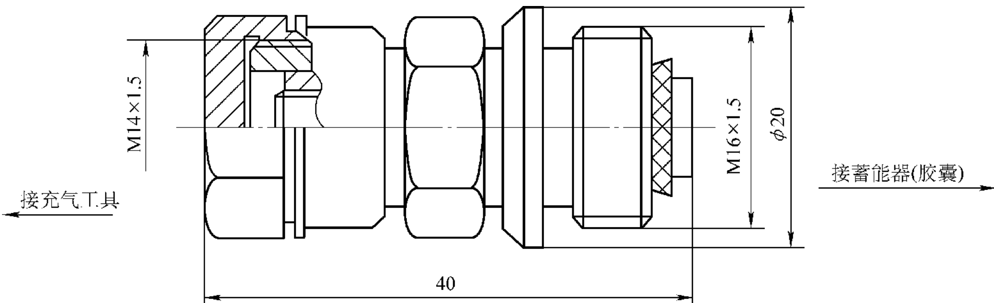
（3）外形尺寸(见图22.8-1)

1.7.4　蓄能器专用阀门

蓄能器专用控制阀门是装接于蓄能器和液压系统之间，用来控制蓄能器油液通断、溢流、泄压等工况的组件。

表 22.8-9　QXF 型蓄能器充气阀技术规格及外形尺寸

型　　号	充气压力范围 /MPa	公称通径 /mm	螺纹连接		配用蓄能器型号	重量/kg
			进　　口	出　　口		
QXF-5	4～40	5	M14×1.5	M16×1.5	NXQ△-L0.4-L250	0.07



生产厂：奉化奥莱尔液压公司、南京锅炉厂、四平液压件厂。

表 22.8-10　技术规格

充氮车型号	允许最低进气压力 /MPa	最高输出压力 /MPa	液　压　泵		增　压　器		重量 /kg
			压力/MPa	流量/L·min⁻¹	增压比	增压次数/min	
CDZ-25Y_1	3.0～13.5	25	7	9	1∶4	8	338
CDZ-35Y_1	3.0～13.5	35	7	9	1∶6	6	338
CDZ-42Y_1	3.0～13.5	42	8	14～16	1∶7	7.5	338

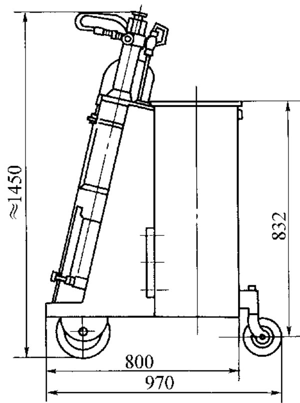
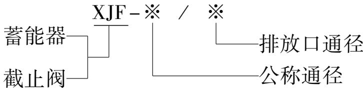


图 22. 8-1　充氮车外形尺寸

1.7.5　XJF 型蓄能器截止阀

（1）型号说明



（2）截止阀符号图（见图 22. 8-2）

（3）技术规格（见表 22. 8-11）

（4）外形尺寸（见表 22. 8-12）

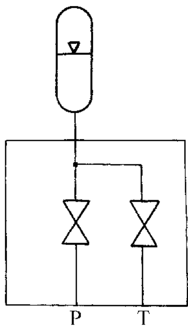
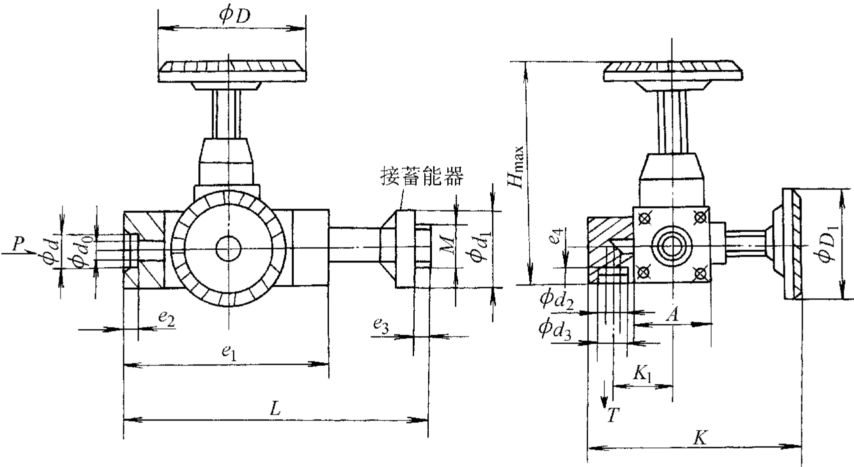


图 22. 8-2　截止阀符号图

表 22. 8-11　技术规格

型　号	公称压力 /MPa	公称流量 /L·min⁻¹	公称通径 /mm	排放口通径 /mm	配用蓄能器型号	重量 /kg
XJF-10/10	31. 5	40	10	10	NXQ-L1. 6～6. 3/※-H NXQ-L10～100/※-H	7
XJF-20/10		100	20			7
XJF-32/10		160	32			10
XJF-40/10		250	40			13

表 22. 8-12　外形尺寸　（mm）



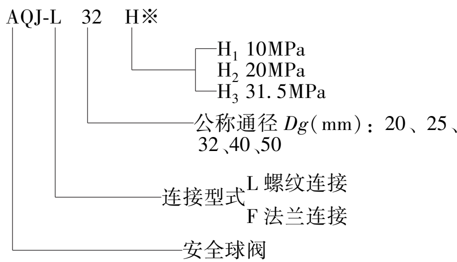
型　号	H_{max}	A	ϕd	ϕd_0	e_2	L	M	ϕd_1	ϕD	ϕD_1	K	ϕd_2	ϕd_3	e_1	e_3	e_4
XJF-10/10	170	58	17. 8	10	10	236	M42×2	60	120	80	163	18. 5	24	150	15	10
XJF-20/10	170	58	28. 5	10	10	236	M42×2	60	120	80	163	18. 5	24	150	15	10
XJF-32/10	225	76	43	16	16	325	M60×2	80	140	80	190	18. 5	24	170	26	10
XJF-40/10	250	92	51	18	18	349	M60×2	80	160	80	207	17. 8	28	190	26	12

注：1. 配用 63～100L 蓄能器，接口可加大到 M72×2。

2. 生产厂：奉化液压件二厂、奉化市中亚液压成套制造有限公司。

1.7.6　AQJ 型蓄能器控制阀组

（1）型号说明



（2）液压原理图(见图 22.8-3)

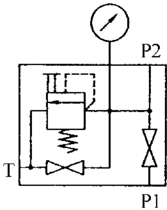
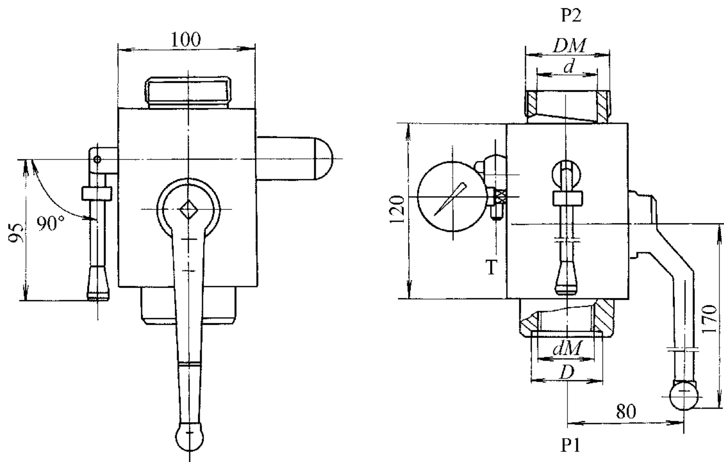


图 22.8-3　液压原理图

（3）规格及外形尺寸(见表 22.8-13)

表 22.8-13　规格及外形尺寸　　(mm)



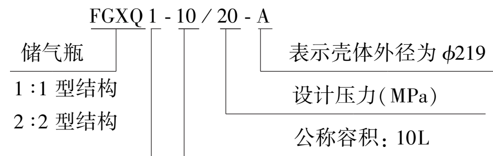
名　　称		AQJ-L20H※	AQJ-L25H※	AQJ-L32H※	AQJ-L40H※	AQJ-L50H※
公称压力/MPa		$H_1=10$　$H_2=20$ $H_3=31.5$	$H_1=10$　$H_2=20$ $H_3=31.5$	$H_1=10$　$H_2=20$ $H_3=31.5$	$H_1=10$　$H_2=20$ $H_3=31.5$	$H_1=10$　$H_2=20$ $H_3=31.5$
公称通径 *d*	/mm	20	25	32	40	50
	口径/in	3/4	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2
连接尺寸	*DM*	M27×2	M42×2	M60×2	M60×2	M72×2
	dM	M27×2	M33×2	M48×2	M48×2	M60×2
O 形密封圈	*D*	$\phi35\times3.1$	$\phi40\times3.1$	$\phi55\times3.1$	$\phi55\times3.1$	$\phi68\times3.1$
配用蓄能器型号		NXQ1-L0.25～1/※-H	NXQ1-L1.6～6.3/※-H	NXQ1-L10～25/※-H	NXQ1-L25～40/※-H	NXQ1-L63～100/※-H

生产厂：奉化液压件二厂、奉化市中亚液压成套制造有限公司。

1.7.7　FGXQ 型储气瓶

储气瓶是以储气方式储存能量，作为气体动力，或在液压系统中起储能、稳定压力、补偿液压损耗等作用。具有容量大、功率损耗少、占地面积小等优点。储气瓶与活塞式蓄能器及皮囊式蓄能器配合使用可增大蓄能器的有效容积，也可作为非隔离式蓄能器使用。

（1）型号说明



（2）技术规格及外形尺寸(见表 22. 8-14)

表 22. 8-14　FGXQ 型储气瓶技术规格及外形尺寸

FGXQ1型结构

FGXQ2型结构

型　　号	设计压力 /MPa	公称容积 /L	尺寸/mm							重量/kg	
			D	L_3	L	L_1	L_2	M_1	M_2 或 M_3	G_1	G_2
FGXQ△-10/12-A	12			595	528	255				39	44
FGXQ△-10/20-A	20	10		550	483	210				27	30
FGXQ△-10/31. 5-A	31. 5			595	528	255				42	47
FGXQ△-16/12-A	12			810	743	470				54	59
FGXQA-16/20-A	20	16		745	678	405				40	42
FGXQ△-16/31. 5-A	31. 5			810	743	470				58	63
FGXQ△-20/12-A	12			950	883	610				64	69
FGXQ△-20/20-A	20	20		875	808	535				44	46
FGXQ△-20/31. 5-A	31. 5			950	883	610				69	74
FGXQ△-25/12-A	12			1130	1063	790				76	80
FGXQ△-25/20-A	20	25	ϕ219	1035	968	695	40	M60 ×2	M_2：M60 ×2　M_3：M30 ×1. 5	52	55
FGXQA-25/31. 5-A	31. 5			1130	1063	790				82	86
FGXQ△-32/12-A	12			1380	1313	1040				93	98
FGXQ△-32/20-A	20	32		1260	1193	920				64	69
FGXQA-32/31. 5-A	31. 5			1380	1313	1040				102	104
FGXQ△-36/12-A	12			1525	1458	1185				104	110
FGXQ△-36/20-A	20	36		1390	1323	1050				71	73
FGXQ△-36/31. 5-A	31. 5			1525	1458	1185				112	116
FGXQ△-40/12-A	12			1665	1598	1325				113	119
FGXQ△-40/20-A	20	40		1515	1448	1175				77	79
FGXQ-40/31. 5-A	31. 5			1665	1595	1325				123	127

（续）

型　　号	设计压力/MPa	公称容积/L	尺寸/mm							重量/kg	
			D	L_3	L	L_1	L_2	M_1	M_2 或 M_3	G_1	G_2
FGXQ△-20/12	12			710	640	270				71	74
FGXQ△-20/20	20	20		625	555	185				44	46
FGXQ△-20/31.5	31.5			710	640	270				72	75
FGXQ△-25/12	12			805	735	365				83	86
FGXQ△-25/20	20	25		715	645	275				52	54
FGXQ△-25/31.5	31.5			805	735	365				85	88
FGXQ△-32/12	12			900	830	460				100	103
FGXQ△-32/20	20	32		825	755	385				64	66
FGXQ△-32/31.5	31.5			900	830	460				103	106
FGXQ△-40/12	12			1050	980	610				119	122
FGXQ△-40/20	20	40		965	895	525				76	78
FGXQ△-40/31.5	31.5			1050	980	610				124	127
FGXQ△-50/12	12			1240	1170	800				143	146
FGXQ△-50/20	20	50	ϕ299	1140	1070	700	50	M80×2	M_2：M80×2 M_3：M42×2	92	94
FGXQ△-50/31.5	31.5			1240	1170	800				150	153
FGXQ△-63/12	12			1485	1415	1045				176	179
FGXQ△-63/20	20	63		1335	1285	915				112	114
FGXQ△-63/31.5	31.5			1485	1415	1045				184	187
FGXQ△-72/12	12			1660	1590	1220				200	203
FGXQ△-72/20	20	72		1510	1440	1070				129	131
FGXQ△-72/31.5	31.5			1660	1590	1220				209	212
FGXQ△-80/12	12			1810	1740	1370				218	221
FGXQ△-80/20	20	80		1650	1580	1210				139	141
FGXQ△-80/31.5	31.5			1810	1740	1370				229	232
FGXQ△-100/12	12			2190	2120	1750				268	271
FGXQ△-100/20	20	100		1990	1920	1550				170	172
FGXQ△-100/31.5	31.5			2190	2120	1750				281	284
FGXQ△-140/20	20	140	ϕ351	2100			60	M115×3	M140×3	274	
FGXQ△-250/14	14	250	ϕ426	2320			68	M140×3	M140×3	352	

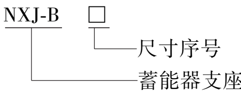
注：1. “△”为结构式 1、2，G_1、G_2 分别表示 1、2 型式气瓶的重量。

2. 连接螺纹尺寸如有特殊要求需特殊规格，可根据用户要求生产。

3. 生产厂：温州黎明液压机电公司。

1.7.8　蓄能器支座

（1）型号说明



（2）规格及外形尺寸(见表 22.8-15)

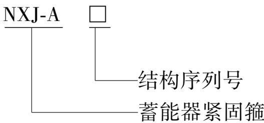
表 22.8-15　规格及外形尺寸　（mm）

型号	A	B	C	ϕD	T	E	F	G	H	$4\times d$	配用蓄能器型号	重量/kg
NXJ-B1	260	180	100	104	15	75	35	225	92	14	NXQ△-L1.6-L16.3	2.5
NXJ-B2				159				250	123		NXQ△-L10-L40	2.8
NXJ-B3	380	260	240	200	20	180	60	380	190	22	NXQ△-L20-L150	19.1

生产厂：奉化奥莱尔液压有限公司。

1.7.9　蓄能器紧固箍

（1）型号说明



（2）规格及外形尺寸(见表 22.8-16)

表 22.8-16　规格及外形尺寸　（mm）

NXJ-A1　NXJ-A2～A4　NXJ-A5～A6

型号	A	B	C	ϕD	H	E	L	S	K	配用蓄能器型号	重量/kg
NXJ-A1	120	85	112	89～92	51～52.5	40	8	3	—	NXQ△-L0.4-L0.63	0.17
NXJ-A2	156	100	143	106～114	62.5～66	60	18			NXQ△-L1	0.41
NXJ-A3			191	152～159	87～91					NXQ△-L1.6-L6.3	0.46
NXJ-A4	236	152	256	216～224	120～124		32	4		NXQ△-L10-L40	0.77
NXJ-A5	332	280	322	299	165	40	ϕ15		370	NXQ△-L20-L100	2.05
NXJ-A6	422	360	378	351	190				415	NXQ△-L150	2.40

（3）各种规格蓄能器紧固箍数量的确定(见表 22.8-17)

表 22.8-17 紧固箍安装数量的确定

型号 \ 数量 \ 容积/L	1.6~6.3	10~16	25~40	20~25	40~63	80~100	150
NXJ-A3	1						
NXJ-A4		1	2				
NXJ-A5				1	2	3	
NXJ-A6							3

生产厂：奉化奥莱尔液压有限公司、温州黎明液压机电公司。

2 过滤器

过滤器的功能是清除液压系统工作介质中的固体污染物，使工作介质保持清洁，延长元器件的使用寿命，保证液压元件工作性能可靠。液压系统故障的75%左右是由介质的污染所造成的。因此过滤器对液压系统来说是不可缺少的重要辅件。

2.1 过滤器的主要性能参数

1）过滤精度：也称绝对过滤精度，是指油液通过过滤器时，能够穿过滤芯的球形污染物的最大直径(即过滤介质的最大孔口尺寸数值)（μm）。

2）过滤能力：也叫通流能力，指在一定压差下允许通过过滤器的最大流量。

3）纳垢容量：是过滤器在压力降达到规定值以前，可以滤除并容纳的污染物数量。过滤器的纳垢容量越大，使用寿命越长。一般来说，过滤器面积越大，其纳垢容量也越大。

4）工作压力：不同结构型式的过滤器允许的工作压力不同，选择过滤器时应考虑允许的最高工作压力。

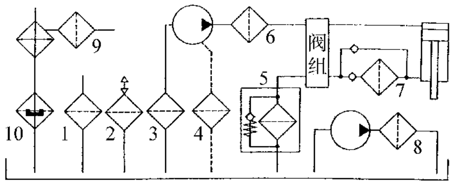
5）允许压力降：油液经过过滤器时，要产生压力降，其值与油液的流量、粘度和混入油液的杂质数量有关。为了保持滤芯不破坏或系统的压力损失不致过大，要限制过滤器最大允许压力降。过滤器最大允许压力降取决于滤芯的强度。

2.2 过滤器的名称、用途、安装位置、类别、型式及效果(见表 22.8-18)

表 22.8-18 过滤器的名称、用途、安装位置、类别、型式及效果

名称	用途	安装位置(见图中标号)	精度类别	滤材型式	效果
吸油过滤器	保护液压泵	3	粗过滤器	网式、线隙式滤芯	特精过滤器： 能滤掉 1~5μm 颗粒 精过滤器： 能过滤掉 5~10μm 颗粒 普通过滤器： 能滤掉 10~100μm 颗粒 粗过滤器： 能滤掉 100μm 以上的颗粒
高压过滤器	保护泵下游元件不受污染	6	精过滤器	纸质、不锈钢纤维滤芯	
回油过滤器	降低油液污染度	5	普通过滤器	纸质、纤维滤芯	
离线过滤器	连续过滤保持清洁度	8	精过滤器	纸质、纤维滤芯	
泄油过滤器	防止污染物进入油箱	4	普通过滤器	网式滤芯	
安全过滤器	保护污染抵抗力低的元件	7	特精过滤器	纸质、纤维滤芯	
空气滤清器	防止污染物随空气侵入	2	普通过滤器	多层叠加式滤芯	
注油过滤器	防止注油时侵入污染物	1	粗过滤器	网式滤芯	
磁性过滤器	清除油液中的铁屑	10	粗过滤器	磁性体	
水过滤器	清除冷却水中的杂质	9	粗过滤器	网式滤芯	

（续）



2.3 推荐液压系统的清洁度和过滤精度(见表22.8-19)

表22.8-19 推荐液压系统的清洁度和过滤精度

工作类别	系统举例	油液清洁度		要求过滤精度/μm
		ISO 4406	NAS 1638	
极关键	高性能伺服阀、航空航天实验室、导弹、飞船控制系统	12/9 13/10	3 4	1 1～3
关键	工业用伺服阀、飞机、数控机床、液压舵机、位置控制装置、电液精密液压系统	14/11 15/12	5 6	3 3～5
很重要	比例阀、柱塞泵、注塑机、潜水艇、高压系统	16/13	7	10
重要	叶片泵、齿轮泵、低速马达、液压阀、叠加阀、插装阀、机床、油压机、船舶等中高压工业用液压系统	17/14 18/15	8 9	10～20 20
一般	车辆、土方机械、物料搬运液压系统	19/16	10	20～30
普通保护	重型设备、水压机、低压系统	20/17 21/16	11 12	30 30～40

2.4 过滤器的选择及计算

选择过滤器时应考虑如下几个方面：

1）根据使用目的(用途)选择过滤器的种类，根据安装位置情况选择过滤器的安装型式。

2）过滤器应具有足够大的通油能力，一般应大于实际通过流量的2倍以上并且压力损失要小。

3）过滤精度应满足液压系统或元件所需清洁要求。

4）滤芯使用的滤材应满足所使用工作介质的要求，并且有足够的强度。

5）过滤器的强度及压力损失是选择时需重点考虑的因素，安装过滤器后会对系统造成局部压降或产生背压。

6）滤芯的更换及清洗应方便。

7）应根据系统需要考虑选择合适的滤芯保护附件(如带旁通阀的定压开启装置及滤芯污染情况指示器或发信器等)。

8）结构尽量简单、紧凑，安装型式合理。

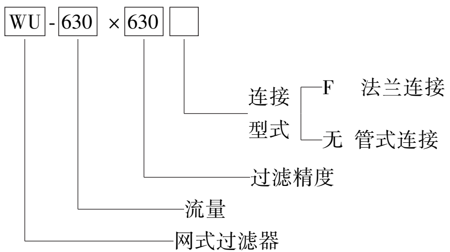
9）价格合理。

2.5 过滤器产品

2.5.1 WU型网式吸油过滤器

网式过滤器一般安装在液压泵吸油管端部，起保护泵的作用，具有结构简单，通油能力大，阻力小，易清洗等优点；缺点是过滤精度低。

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.8-20)

表22.8-20 技术规格

型　　号	过滤精度/μm	压力损失/MPa	流量/L·min^{-1}	通径/mm	连接型式
WU-16×180			16	12	
WU-25×180			25	15	
WU-40×180			40	20	螺纹连接
WU-63×180			63	25	
WU-100×180	180	≤0.01	100	32	
WU-160×180			160	40	
WU-250×180F			250	50	
WU-400×180F			400	65	法兰连接
WU-630×180F			630	80	

（3）外形尺寸(见表 22.8-21)

表 22.8-21　外形尺寸　　（mm）

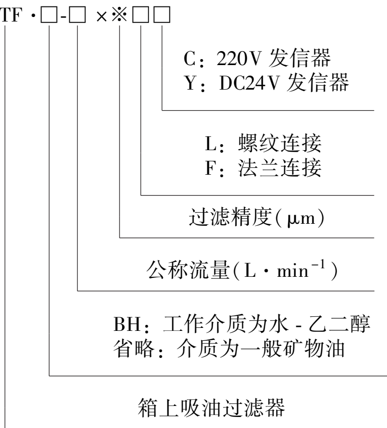
管式　　　　法兰式

型　　号	*M*	*ϕ*	*H*	*D*
WU-16 × ＊J	M18 × 1.5	—	84	35
WU-25 × ＊J	M22 × 1.5		104	43
WU-40 × ＊J	M27 × 2		124	
WU-63 × ＊J	M33 × 2		103	70
WU-100 × ＊J	M42 × 2		153	
WU-160 × ＊J	M48 × 2		200	82
WU-250 × ＊FJ	—	50	203	88
WU-400 × ＊FJ		65	250	105
WU-630 × ＊FJ		80	302	113

生产厂：黎明液压有限公司、上海高行液压件总厂、沈阳六玲过滤机器有限公司。

2.5.2　TF 型箱外吸油过滤器

（1）型号说明



（2）液压原理(见图 22.8-4)

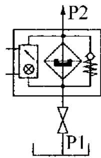


图 22.8-4　液压原理图

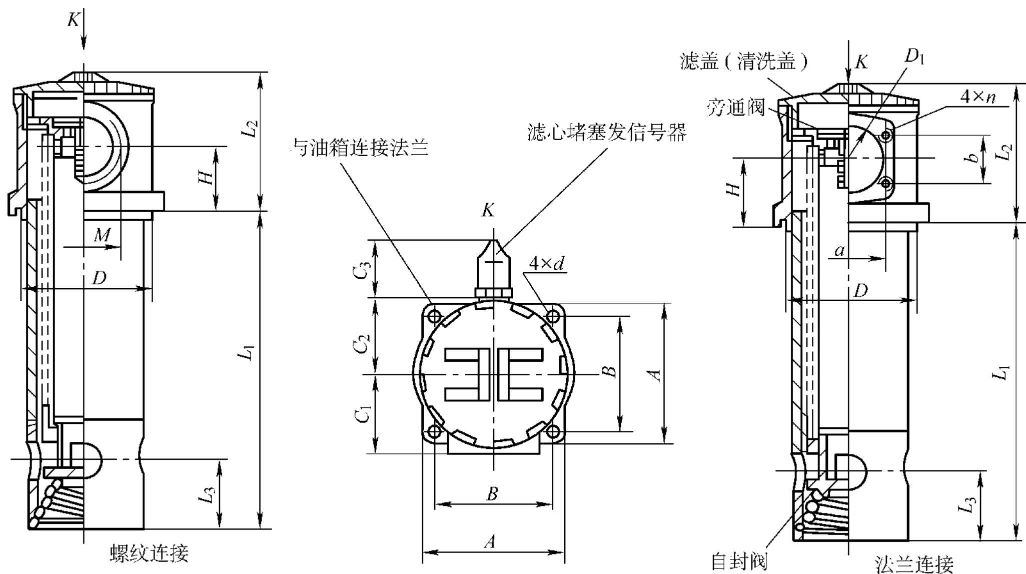
（3）技术规格(见表 22.8-22)

表 22.8-22　TF 系列过滤器的技术规格

型　　号	流量 /L・min⁻¹	过滤精度 /μm	通径 /mm	原始压力损失 /MPa	发讯器装置		连接方式	重量 /kg	滤 芯 型 号
					V	A			
TF-25 × L-C/Y	25	80 100 180	15	<0.01	12 24 36 220	2.5 2 1.5 0.25	管式	0.4	TFX-25 × ＊
TF-40 × L-C/Y	40		20					0.45	TFX-40 × ＊
TF-63 × L-C/Y	63		25					0.82	TFX-63 × ＊
TF-100 × L-C/Y	100		32					0.87	TFX-100 × ＊
TF-160 × L-C/Y	160		40					1.75	TFX-160 × ＊
TF-250 × L-C/Y	250		50				法兰	2.60	TFX-250 × ＊
TF-400 × L-C/Y	400		65					4.3	TFX-400 × ＊
TF-630 × L-C/Y	630		90					6.2	TFX-630 × ＊
TF-800 × L-C/Y	800							6.9	TFX-800 × ＊
说　　明	发信器特征：C—带 ZS-Ⅰ型(≤220V)；Y—带 ZKFⅡ型(≤DC24V)								

（4）外形尺寸(见表 22.8-23)

表 22.8-23　TF 系列过滤器的外形尺寸　（mm）



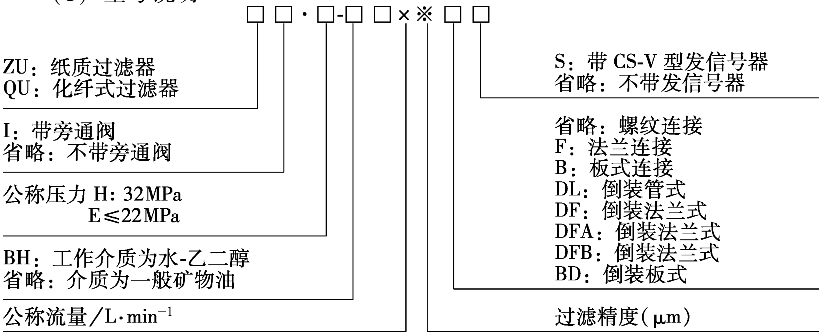
型号（螺纹连接）	L_1	L_2	L_3	H	M	D	A	B	C_1	C_2	C_3	4×d
TF-25×L-$^{C}_{Y}$	93	78	36	25	M22×1.5	ϕ62	80	60	45	42	42	ϕ9
TF-40×L-$^{C}_{Y}$	110				M27×2							
TF-63×L-$^{C}_{Y}$	138	98	40	33	M33×2	ϕ75	90	70.7	54	47		
TF-100×L-$^{C}_{Y}$	188				M42×2							
TF-160×L-$^{C}_{Y}$	200	119	53	42	M48×2	ϕ91	105	81.3	62	53.5		ϕ11

型号（法兰连接）	L_1	L_2	L_3	H	D_1	D	a	b	4×n	A	B	C_1	C_2	C_3	4×d	Q
TF-250×F-$^{C}_{Y}$	270	119	53	42	ϕ50	ϕ91	70	40	M10	105	81.3	72.5	53.5	42	ϕ11	ϕ60
TF-400×F-$^{C}_{Y}$	275	141	60	50	ϕ65	ϕ110	90	50		125	95.5	82.5	61			ϕ73
TF-630×F-$^{C}_{Y}$	325	184	55	65	ϕ90	ϕ140	120	70		160	130	100	81			ϕ102
TF-800×F-$^{C}_{Y}$	385															

生产厂：温州远东液压配件厂。

2.5.3　ZU-H、QU-H 系列高压过滤器

（1）型号说明



（2）液压原理图（见图 22.8-5）

（3）技术规格（见表 22.8-24）

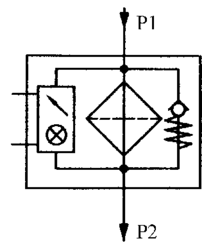


图 22.8-5　液压原理图

表22.8-24　技术规格

型　号	通径/mm	公称流量/L·min^{-1}	过滤精度/μm	公称压力/MPa	压力损失/MPa 原始	压力损失/MPa 最大	发信器功率/W	重量/kg	滤芯型号	连接方式
${}^{Z}_{Q}$U-H10×※	15	10	1 3 5 10 20 30 40	32	0.08	0.35	DC: 24V/48W AC: 220V/50W	5.7	HX-10×※#	螺纹
${}^{Z}_{Q}$U-H25×※		25						7.0	HX-25×※#	
${}^{Z}_{Q}$U-H40×※Q	20	40			0.1			11.5	HX-40×※#	
${}^{Z}_{Q}$U-H63×※		63						13.2	HX-63×※#	
${}^{Z}_{Q}$U-H100×※	25	100						15.0	HX-100×※#	
${}^{Z}_{Q}$U-H160×※	32	160			0.15			21.4	HX-160×※#	
${}^{Z}_{Q}$U-H250×※	40	250						25.7	HX-250×※#	法兰
${}^{Z}_{Q}$U-H400×※	50	400			0.2			38.0	HX-400×※#	
${}^{Z}_{Q}$U-H630×※	55	630						42.3	HX-630×※#	
${}^{Z}_{Q}$U-H10×※B	15	10			0.08			5.7	HBX-10×※	板式
${}^{Z}_{Q}$U-H25×※B		25						7.0	HBX-25×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H40×※B	20	40			0.1			11.5	HBX-40×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H63×※B		63						13.2	HBX-63×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H100×※B	25	100						15.0	HBX-100×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H160×※B	32	160			0.15			21.4	HBX-160×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H250×※B	40	250						25.7	HBX-250×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H400×※B	50	400			0.2			38.0	HBX-400×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H630×※B		630						42.3	HBX-630×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H10×※DL	15	10			0.08			8.5	HDX-10×※	倒装管式
${}^{Z}_{Q}$U-H25×※DL		25						9.9	HDX-25×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H40×※DL	20	40			0.1			16.4	HDX-40×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H63×※DL		63						18.9	HDX-63×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H100×※DL	25	100						22.5	HDX-100×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H160×※DL	32	160			0.15			33.4	HDX-160×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H10×※DF	15	10			0.08			8.6	HDX-10×※	倒装法兰式
${}^{Z}_{Q}$U-H25×※DF		25						10.0	HDX-25×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H40×※DF	20	40			0.1			16.6	HDX-40×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H63×※DF		63						19.2	HDX-63×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H100×※DF	25	100						22.9	HDX-100×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H160×※DF	32	160			0.15			34.0	HDX-160×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H250×※DF	40	250						41.9	HDX-250×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H400×※DF	50	400			0.2			57.6	HDX-400×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H630×※DF	55	630						62.4	HDX-630×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H10×※DFA	15	10			0.08			8.6	HDX-10×※	倒装法兰式A型
${}^{Z}_{Q}$U-H25×※DFA		25						10.0	HDX-25×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H40×※DFA	20	40			0.1			16.6	HDX-40×※	
${}^{Z}_{Q}$U-H63×※DFA		63						19.2	HDX-63×※	

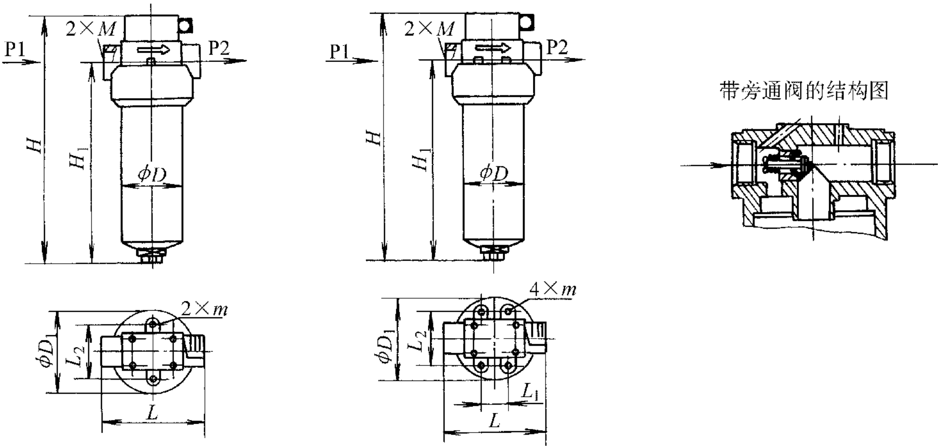
（续）

型　号	通径/mm	公称流量/L·min^{-1}	过滤精度/μm	公称压力/MPa	压力损失/MPa 原始	压力损失/MPa 最大	发信器功率/W	重量/kg	滤芯型号	连接方式
$^{Z}_{Q}$U-H160×※DFA	32	160	1 3 5 10 20 30 40	32	0.15	0.35	DC： 24V/48W AC： 220V/50W	34.0	HDX-160×※	倒装法兰式A型
$^{Z}_{Q}$U-H250×※DFA	40	250						41.9	HDX-250×※	
$^{Z}_{Q}$U-H400×※DFA	50	400			0.2			57.6	HDX-400×※	
$^{Z}_{Q}$U-H630×※DFA	55	630						62.4	HDX-630×※	
$^{Z}_{Q}$U-H10×※DFB	15	10			0.08			8.6	HDX-10×※	倒装法兰式B型
$^{Z}_{Q}$U-H25×※DFB		25						10.0	HDX-25×※	
$^{Z}_{Q}$U-H40×※DFB	20	40			0.1			16.6	HDX-40×※	
$^{Z}_{Q}$U-H63×※DFB		63						19.2	HDX-63×※	
$^{Z}_{Q}$U-H100×※DFB	25	100						22.9	HDX-100×※	
$^{Z}_{Q}$U-H160×※DFB	32	160			0.15			34.0	HDX-160×※	
$^{Z}_{Q}$U-H250×※DFB	40	250						41.9	HDX-250×※	
$^{Z}_{Q}$U-H400×※DFB	50	400			0.2			57.6	HDX-400×※	
$^{Z}_{Q}$U-H630×※DFB	55	630						62.4	HDX-630×※	
$^{Z}_{Q}$U-H10×※BD	15	10			0.08			8.4	HDX-10×※	倒装板式
$^{Z}_{Q}$U-H25×※BD		25						9.8	HDX-25×※	
$^{Z}_{Q}$U-H40×※BD	20	40			0.1			16.3	HDX-40×※	
$^{Z}_{Q}$U-H63×※BD		63						18.9	HDX-63×※	
$^{Z}_{Q}$U-H100×※BD	25	100						22.5	HDX-100×※	
$^{Z}_{Q}$U-H160×※BD	40	160			0.15			33.6	HDX-160×※	
$^{Z}_{Q}$U-H250×※BD	40	250						41.3	HDX-250×※	
$^{Z}_{Q}$U-H400×※BD	50	400			0.2			57.0	HDX-400×※	
$^{Z}_{Q}$U-H630×※BD	50	630						61.8	HDX-630×※	

（4）外形尺寸（见表22.8-25）

表22.8-25　外形尺寸　（mm）

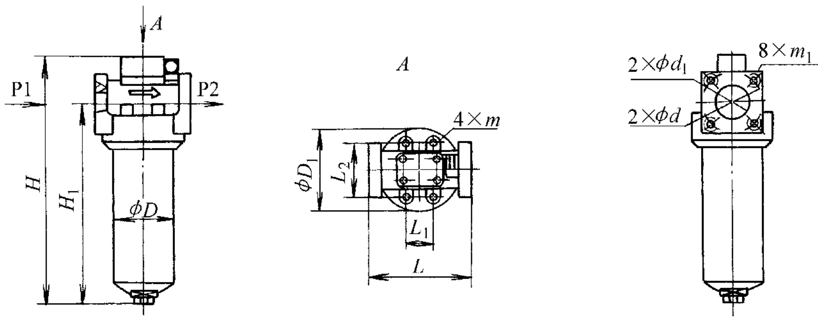
管式连接



（续）

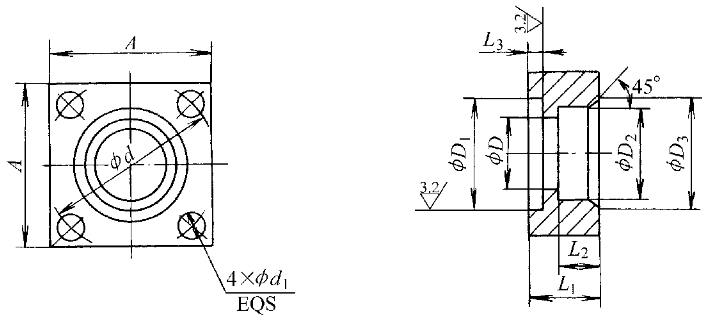
型　　号	H	H_1	L	L_1	L_2	ϕD_1	ϕD	m	M
$^{Z}_{Q}$U-H10×※	188	130	118	—	70	88	73	M6	M27×2
$^{Z}_{Q}$U-H25×※	278	220							
$^{Z}_{Q}$U-H40×※	240	179	128	44	86	124	102	M10	M33×2
$^{Z}_{Q}$U-H63×※	308	247							
$^{Z}_{Q}$U-H100×※	379	314							M42×2
$^{Z}_{Q}$U-H60×※	420	347	166	60	100	146	121		M48×2

法兰连接



型　　号	H	H_1	L	L_1	L_2	ϕD_1	ϕD	ϕd	ϕd_1	m	m_1
$^{Z}_{Q}$U-H250×※	493	415	166	60	100	146	121	98	40	M10	M16
$^{Z}_{Q}$U-H400×※	530	446	206		123	170	146	118	50	M12	M20
$^{Z}_{Q}$U-H630×※	632	548			128			145	55		

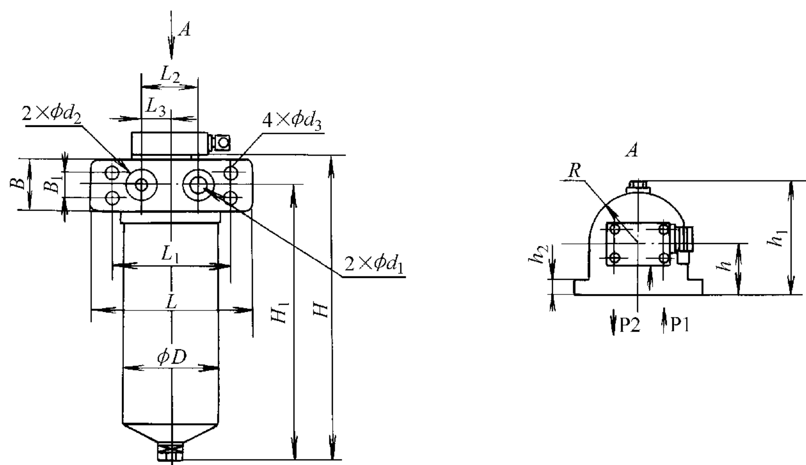
连接法兰尺寸



型　　号	A	L_1	L_2	L_3		ϕD	ϕD_1		ϕD_2		ϕD_3	ϕd	ϕd_1	法兰用O形圈	法兰用螺钉
$^{Z}_{Q}$U-H250×※F	100	30	18	2.4	0 -0.1	40	50	+0.2 0	52	+0.2 0	60	98	17	ϕ55×3.1	M16×45
$^{Z}_{Q}$U-H400×※F	123	36	20	4.5		52	73		65		73	118	22	ϕ73×5.7	M20×60
$^{Z}_{Q}$U-H630×※F	142	42	22			55	80		77		85	145		ϕ80×5.7	M20×65

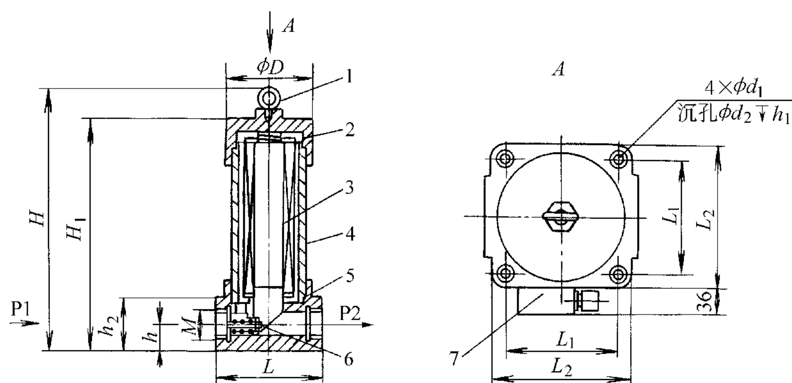
（续）

板式连接



型号	H	H_1	R	ϕD	B	B_1	L	L_1	L_2	L_3	h	h_1	h_2	ϕd_1	ϕd_2	ϕd_3
${}^{Z}_{Q}$U-H10×※B	200	132	46	73	60	30	158	128	40	20	50	110	22	15	24	13
${}^{Z}_{Q}$U-H25×※B	290	222														
${}^{Z}_{Q}$U-H40×※B	254	184	62	102	64	32	190	160	50	25	65	138	25	25	32	15
${}^{Z}_{Q}$U-H63×※B	322	252														
${}^{Z}_{Q}$U-H100×※B	384	314														
${}^{Z}_{Q}$U-H160×※B	411	338	73	121	72	40	212	180	60	30	77	164	30	32	40	17
${}^{Z}_{Q}$U-H250×※B	492	414			80	48							30	40	50	
${}^{Z}_{Q}$U-H400×※B	539	446	85	146	110	60	275	225	80	40	92	194	40	50	65	26
${}^{Z}_{Q}$U-H630×※B	639	546														

倒装管式



1—吊环螺钉　2—顶盖　3—滤芯　4—壳体　5—滤头　6—旁通阀　7—发信号器

型号	H	H_1	L	L_1	L_2	ϕd_1	ϕd_2	h	h_1	h_2	M	ϕD
${}^{Z}_{Q}$U-H10×※DL	198	148	130	95	115	9	14	28	12	54	M27×2	92
${}^{Z}_{Q}$U-H25×※DL	288	238										
${}^{Z}_{Q}$U-H40×※DL	247	197	156	115	145	14	20	35	14	68	M33×2	124
${}^{Z}_{Q}$U-H63×※DL	315	265										
${}^{Z}_{Q}$U-H100×※DL	377	327									M42×2	
${}^{Z}_{Q}$U-H160×※DL	415	365	190	140	170			47		92	M48×2	146

（续）

倒装法兰式

1—吊环螺钉　2—顶盖　3—滤芯　4—壳体　5—滤头　6—旁通阀　7—发信号器

型　　号	H	H_1	ϕD	L	L_1	L_2	ϕd	ϕd_1	ϕd_2	h	h_1	h_2
$^{Z}_{Q}$U-H10 × ※DF	198	148	92	130	95	115	18	9	14	28	12	54
$^{Z}_{Q}$U-H25 × ※DF	288	238										
$^{Z}_{Q}$U-H40 × ※DF	247	197	124	156	115	145	25	14	20	35	14	68
$^{Z}_{Q}$U-H63 × ※DF	315	265										
$^{Z}_{Q}$U-H100 × ※DF	377	327										
$^{Z}_{Q}$U-H160 × ※DF	415	365	146	190	140	170	32			47		92
$^{Z}_{Q}$U-H250 × ※DF	485	435					40					
$^{Z}_{Q}$U-H400 × ※DF	532	482	176	240	160	200	50	18	26	62	20	122
$^{Z}_{Q}$U-H630 × ※DF	632	582					55					

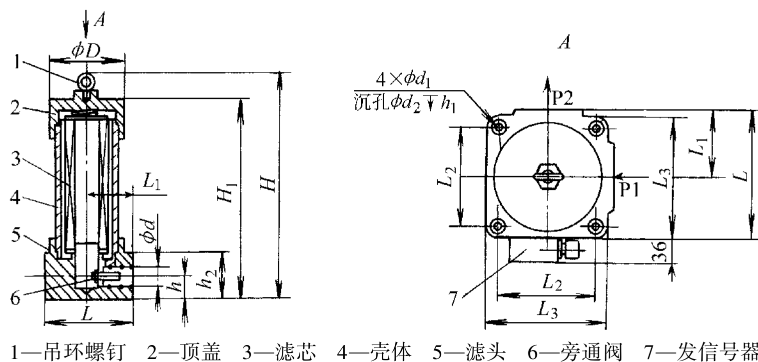
倒装法兰式A型

1—吊环螺钉　2—顶盖　3—滤芯　4—壳体　5—滤头　6—旁通阀　7—发信号器

型　　号	H	H_1	L	L_1	L_2	L_3	ϕd	ϕd_1	ϕd_2	h	h_1	h_2	ϕD
$^{Z}_{Q}$U-H10 × ※DFA	198	148	122.5	65	95	115	18	9	14	28	12	54	92
$^{Z}_{Q}$U-H25 × ※DFA	288	238											
$^{Z}_{Q}$U-H40 × ※DFA	247	197	150.5	78	115	145	25	14	20	35	14	68	124
$^{Z}_{Q}$U-H63 × ※DFA	315	265											
$^{Z}_{Q}$U-H100 × ※DFA	377	327											
$^{Z}_{Q}$U-H160 × ※DFA	415	365	180	95	140	170	32			47		92	146
$^{Z}_{Q}$U-H250 × ※DFA	485	435					40						
$^{Z}_{Q}$U-H400 × ※DFA	532	482	200	120	160	200	50	18	26	62	20	122	176
$^{Z}_{Q}$U-H630 × ※DFA	632	582					55						

（续）

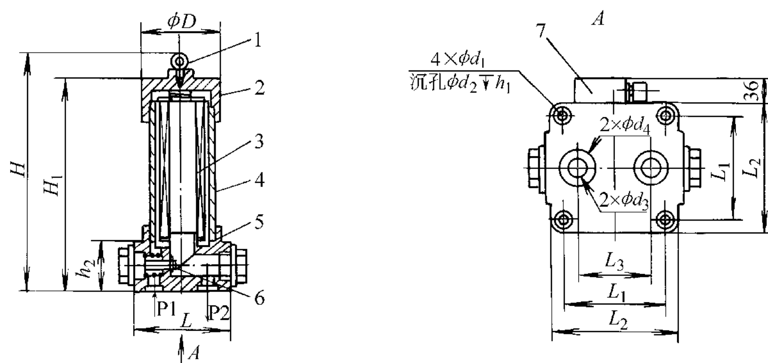
倒装法兰 B 型



1—吊环螺钉　2—顶盖　3—滤芯　4—壳体　5—滤头　6—旁通阀　7—发信号器

<table>
<tr><th>型　号</th><th>H</th><th>H_1</th><th>L</th><th>L_1</th><th>L_2</th><th>L_3</th><th>ϕd</th><th>ϕd_1</th><th>ϕd_2</th><th>h</th><th>h_1</th><th>h_2</th><th>ϕD</th></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H10 × ※DFB</td><td>198</td><td>148</td><td rowspan="2">122.5</td><td rowspan="2">65</td><td rowspan="2">95</td><td rowspan="2">115</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">9</td><td rowspan="2">14</td><td rowspan="2">28</td><td rowspan="2">12</td><td rowspan="2">54</td><td rowspan="2">92</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H25 × ※DFB</td><td>288</td><td>238</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H40 × ※DFB</td><td>247</td><td>197</td><td rowspan="3">150.5</td><td rowspan="3">78</td><td rowspan="3">115</td><td rowspan="3">145</td><td rowspan="3">25</td><td rowspan="5">14</td><td rowspan="5">20</td><td rowspan="3">35</td><td rowspan="5">14</td><td rowspan="3">68</td><td rowspan="3">124</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H63 × ※DFB</td><td>315</td><td>265</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H100 × ※DFB</td><td>377</td><td>327</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H160 × ※DFB</td><td>415</td><td>365</td><td rowspan="2">180</td><td rowspan="2">95</td><td rowspan="2">140</td><td rowspan="2">170</td><td>32</td><td rowspan="2">47</td><td rowspan="2">92</td><td rowspan="2">146</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H250 × ※DFB</td><td>485</td><td>435</td><td>40</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H400 × ※DFB</td><td>532</td><td>482</td><td rowspan="2">220</td><td rowspan="2">120</td><td rowspan="2">160</td><td rowspan="2">200</td><td>50</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">26</td><td rowspan="2">62</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">122</td><td rowspan="2">176</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H630 × ※DFB</td><td>632</td><td>582</td><td>55</td></tr>
</table>

倒装板式

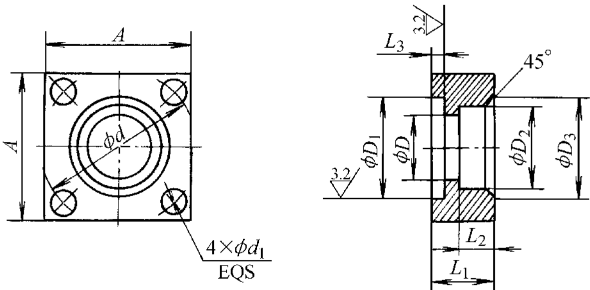


1—吊环螺钉　2—顶盖　3—滤芯　4—壳体　5—滤头　6—旁通阀　7—发信号器

<table>
<tr><th>型　号</th><th>H</th><th>H_1</th><th>ϕD</th><th>L</th><th>L_1</th><th>L_2</th><th>L_3</th><th>ϕd_1</th><th>ϕd_2</th><th>ϕd_3</th><th>ϕd_4</th><th>h_1</th><th>h_2</th></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H10 × ※BD</td><td>196</td><td>146</td><td rowspan="2">92</td><td rowspan="2">130</td><td rowspan="2">90</td><td rowspan="2">115</td><td rowspan="2">60</td><td rowspan="2">11.5</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">14</td><td rowspan="2">50</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H25 × ※BD</td><td>286</td><td>236</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H40 × ※BD</td><td>245</td><td>195</td><td rowspan="3">124</td><td rowspan="3">156</td><td rowspan="3">115</td><td rowspan="3">145</td><td rowspan="3">88</td><td rowspan="3">16</td><td rowspan="3">23</td><td rowspan="3">25</td><td rowspan="3">38</td><td rowspan="3">16</td><td rowspan="3">64</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H63 × ※BD</td><td>313</td><td>263</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H100 × ※BD</td><td>375</td><td>325</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H160 × ※BD</td><td>413</td><td>363</td><td rowspan="2">146</td><td rowspan="2">190</td><td rowspan="2">135</td><td rowspan="2">170</td><td rowspan="2">104</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">26</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">50</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">88</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H250 × ※BD</td><td>483</td><td>433</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H400 × ※BD</td><td>530</td><td>480</td><td rowspan="2">176</td><td rowspan="2">240</td><td rowspan="2">160</td><td rowspan="2">200</td><td rowspan="2">144</td><td rowspan="2">26</td><td rowspan="2">38</td><td rowspan="2">50</td><td rowspan="2">65</td><td rowspan="2">26</td><td rowspan="2">118</td></tr>
<tr><td>$^{Z}_{Q}$U-H630 × ※BD</td><td>630</td><td>580</td></tr>
</table>

（续）

DF、DFA、DFB 连接法兰加工尺寸



型　　号	A	L_1	L_2	L_3		ϕD	ϕD_1		ϕD_2		ϕD_3	ϕd	ϕd_1	法兰用 O 形圈	法兰用螺钉
$^{Z}_{Q}$U-H10×※D△	52	22	11	2.4	0 -0.1	18	30	0 -0.2	28	+0.2 0	36	50±0.15	9	ϕ30×3.1	M8×40
$^{Z}_{Q}$U-H25×※D△															
$^{Z}_{Q}$U-H40×※D△	66		12			25	40		35		43	62±0.15	11	ϕ40×3.1	M10×45
$^{Z}_{Q}$U-H63×※D△															
$^{Z}_{Q}$U-H100×※D△															
$^{Z}_{Q}$U-H160×※D△	90	26	16			32	50		43		51	85±0.15	17	ϕ50×3.1	M16×45
$^{Z}_{Q}$U-H250×※D△						40			52		60				
$^{Z}_{Q}$U-H400×※D△	120	36	20	4.5		52	73		65		73	118±0.15	22	ϕ73×5.7	M20×65
$^{Z}_{Q}$U-H630×※D△						55	80		77		85			ϕ80×5.7	

注：△为 F、FA、FB。

生产厂：温州远东液压有限公司、黎明液压有限公司、沈阳六玲过滤机器有限公司。

2.5.4　FD 型侧面板式高压过滤器

（1）型号说明

FD　BN/HC　330　AFE　10　C　1　X/　…

（工作压力：42MPa）

过滤器型号——FD

FD 高压过滤器

滤芯材料——BN/HC

BH/HC　bctamicron-H3/HC 滤芯　　绝对过滤

BN/HC　bctamicron-N3/HC 滤芯

V　　金属纤维 ⎤
W/HC　金属网 ⎦　　相对过滤

规格——330

60　110　140　160　240　280　330
500　660　990　1320

连接型式／规格——AFE

4 个固定孔

过滤精度（μm）——10

BN3HC，BH3HC，V：3，5，10，20
W/HC：25，50，100，200

污染显示器型式——C

A　不带污染显示器
B　带有目视污染显示器
C　带有电气污染显示器

型号标号——1

1　代号 1 为整体式，至规格 660
2　代号 2 为分体式，至规格 660-1320

改型代号——X/

X　提供最新型

补充说明——…

未加说明者为标准型

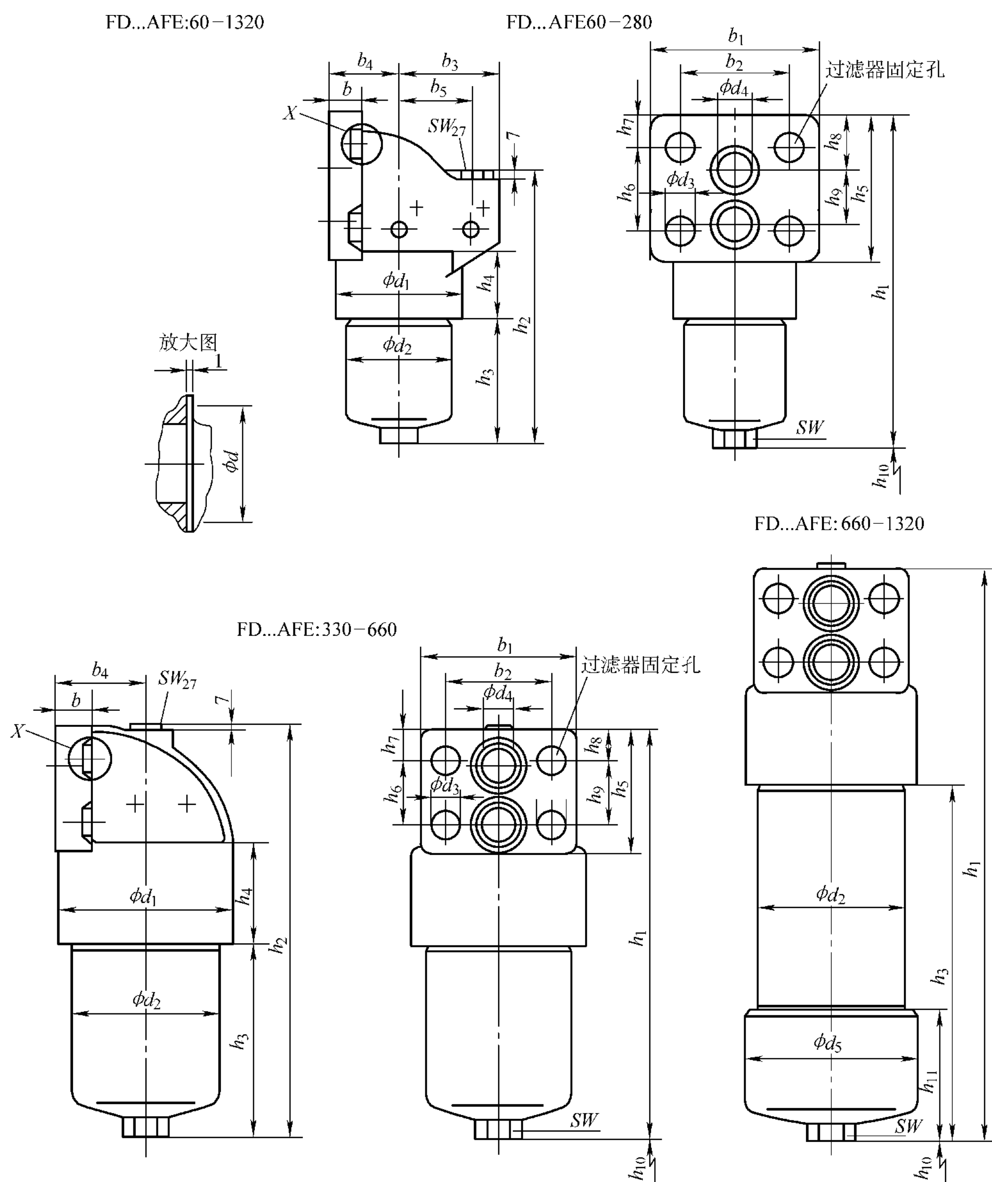
V　—氟橡胶密封件，滤油器适用磷酸酯（HFD-R）

W　—带丁腈橡胶密封件，过滤器适用水包油乳化（HFA，Ac）

B6　—带旁通阀（开启压力 6×10^{5}Pa）

（2）外形尺寸(见表22.8-26)

表22.8-26　FD型侧面板式高压过滤器外形尺寸　（mm）



规格	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	ϕd	ϕd_1	ϕd_2	ϕd_3	ϕd_4	ϕd_5	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}	SW	O形圈
60	20	110	72	66	45	48	26	84	68	18	20	—	217	181	83	45.5	94	55	19.5	34.5	35	75	—	27	24×3
110	20	110	72	66	45	48	26	84	68	18	20	—	284	248	150	45.5	94	55	19.5	34.5	35	75	—	27	24×3
140	20	110	72	66	45	48	26	84	68	18	20	—	328	292	194	45.5	94	55	19.5	34.5	35	75	—	27	24×3
160	30	140	95	89	59	69	32	116	95	22	32	—	280	222	117	61	110	60	25	31	52	85	—	32	40×3.5
240	30	140	95	89	59	69	32	116	95	22	32	—	340	282	177	61	110	60	25	31	52	85	—	32	40×3.5

（续）

规格	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	ϕd	ϕd_1	ϕd_2	ϕd_3	ϕd_4	ϕd_5	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}	SW	O形圈
280	30	140	95	89	59	69	32	116	95	22	32	—	522	464	359	61	110	60	25	31	52	85	—	32	40×3.5
330	30	140	95	—	79.5	—	32	154	130	23	30	—	353	357	157	94	110	58	26	32	52	115	—	36	40×3.5
500	30	140	95	—	79.5	—	32	154	130	23	30	—	446	450	250	94	110	58	26	32	52	115	—	36	40×3.5
660	30	140	95	—	79.5	—	32	154	130	23	30	—	523	527	329	94	110	58	26	32	52	115	—	36	40×3.5
660	30	140	95	—	79.5	—	154	32	132	23	30	152	517	521	321	94	110	58	26	32	52	350	112	36	40×3.5
990	30	140	—	79.5	95	—	32	154	132	23	30	152	673	677	477	94	110	58	26	32	52	500	112	36	40×3.5
1320	30	140	95	—	79.5	—	32	154	132	23	30	152	839	843	643	94	110	58	26	32	52	670	112	36	40×3.5

生产厂：上海德艺宝机械制造有限公司。

2.5.5　PLF系列压力管路过滤器

（1）性能用途

该系列过滤器可安装在不同压力等级的压力管路上，特别适用于自动控制系统和伺服系统。

该过滤器采用进口玻璃纤维滤材，具有过滤精度高，通油能力强，原始压力损失小，纳污量大等优点。过滤精度以绝对过滤精度标定，其过滤比β3，p5，p10，p20≥200，过滤效率η≥99.5%。符合ISO标准。

该过滤器结构有以下特点：

1）与同等流量过滤器相比，结构紧凑，体积小。

2）使用压力范围宽。

3）换滤芯方便，用户可根据安装空间，打开上盖，更换滤芯，也可旋下外壳(先放油)从下面取下滤芯。

4）安装固定方便。如用户按标准流向安装有困难时可拆下盖上4个螺钉，把盖转动180°，这样就改变了介质流动方向。

5）该过滤器设有旁通阀和压差发信装置，双重保护功能。当滤芯污染堵塞至进出口压差值为发信器调定值时，发信器发信，此时必须更换滤芯，见图22.8-6。

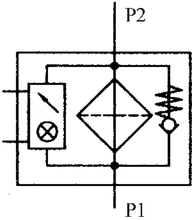
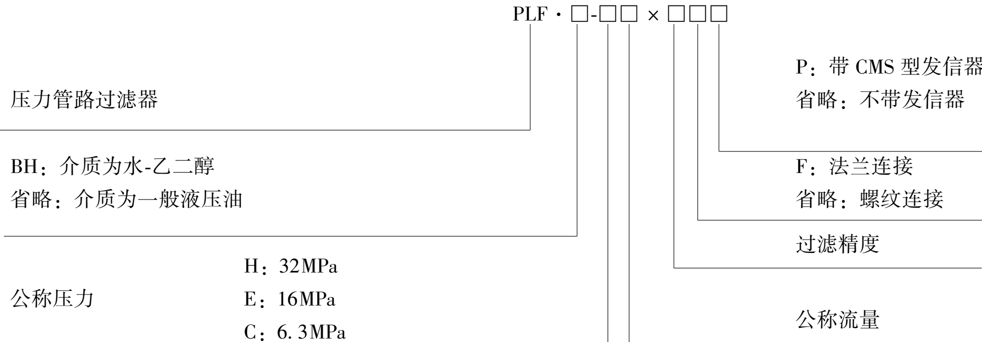


图22.8-6　职能符号

（2）型号说明



型号示例：使用介质为水-乙二醇，使用压力32MPa，公称流量60L/min，过滤精度10μm，带发信器。则过滤器型号为PLF·BH-H60×10P。

（3）技术参数(见表22.8-27)

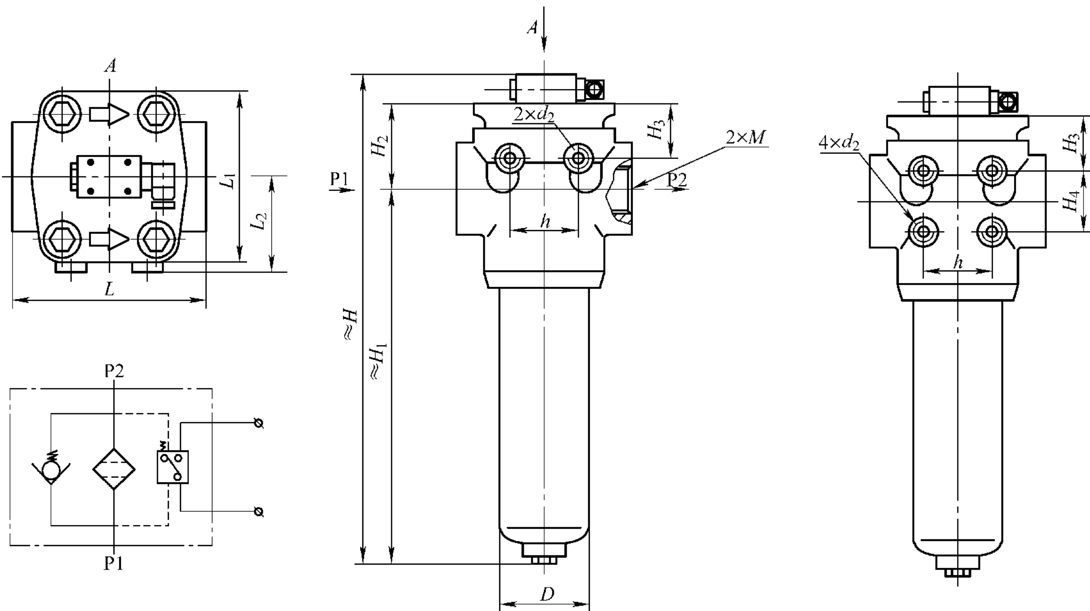
表 22.8-27　技术参数

型　　号	公称流量	过滤精度	公称压力	压力损失		发信装置功率	滤 芯 型 号	连 接 方 式
	L·min⁻¹	μm	MPa	初始	最大	V/W		
PLF-□30×※P	30	3 5 10 20	H=32 E=16 C=6.3	≤0.07	0.5	24/48 220/50	PLFX-30-×※	管式
PLF-□60×※P	60						LH0060D※BN/HC	
PLF-□110×※P	110						LH0110D※BN/HC	
PLF-□160×※P	160						LH0160D※BN/HC	
PLF-□240×※FP	240						LH0240D※BN/HC	法兰式
PLF-□330×※FP	330						LH0330D※BN/HC	
PLF-□500×※FP	500						LH0500D※BN/HC	
PLF-□650×※FP	660						LH0660D※BN/HC	

注：※表示过滤精度。

（4）安装外形尺寸（见表 22.8-28、表 22.8-29）

表 22.8-28　管式外形尺寸　（mm）



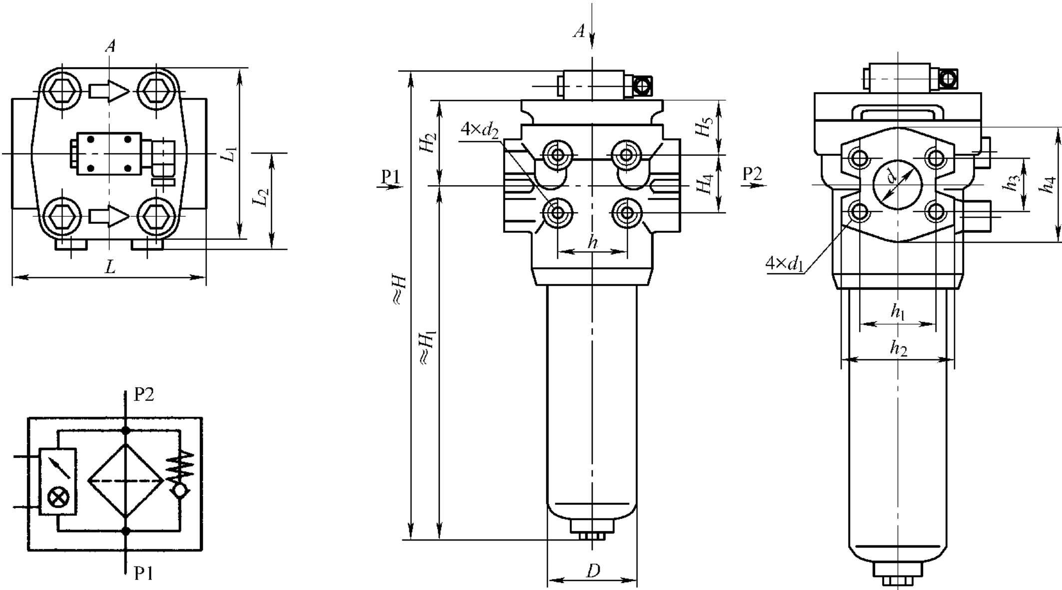
32MPa 压力管路过滤器

型　　号	≈H	≈H_1	H_2	H_3	H_4	h	L	L_1	L_2	D	M	d_2
PLF-H30×※P	239	146	58	45		35	118	114	69	73	M33×2	M10
PLF-H60×※P	255	162	58	45		35	118	114	69	73	M33×2	M10
PLF-H110×※P	329	236	58	45		35	118	114	69	73	M42×2	M10
PLF-H160×※P	319	215	69	49	45	50	150	140	82	102	M48×2	M10

（续）

16MPa 压力管路过滤器												
型　　号	≈H	≈H_1	H_2	H_3	H_4	h	L	L_1	L_2	D	M	d_2
PLF-E30×※P	223	136	52	39		35	110	100	62	73	M33×2	M10
PLF-E60×※P	239	152	52	39		35	110	100	62	73	M33×2	M10
PLF-E110×※P	308	221	52	39		35	110	100	62	73	M42×2	M10
PLF-E160×※P	294	196	63	43	45	45	140	130	77	95	M48×2	M10
6.3MPa 压力管路过滤器												
型　　号	≈H	≈H_1	H_2	H_3	H_4	h	L	L_1	L_2	D	M	d_2
PLF-C30×※P	223	136	52	39		35	110	88	56	73	M33×2	M10
PLF-C60×※P	239	152	52	39		35	110	88	56	73	M33×2	M10
PLF-C110×※P	308	221	52	39		35	110	88	56	73	M42×2	M10
PLF-C160×※P	290	196	59	39	45	45	140	114	69	95	M48×2	M10

表 22.8-29　法兰式外形尺寸　　（mm）



32MPa 压力管路过滤器																
型　　号	≈H	≈H_1	H_2	H_4	H_5	h	h_1	h_2	h_3	h_4	L	L_1	L_2	D	d	d_1	d_2
PLF-H240×※FP	377	273	69	45	49	50	79.4±0.25	110	36.5±0.25	90	150	140	82	102	2×ϕ38	M16	M10
PLF-H330×※FP	400	277	88	60	63	80	96.8±0.25	130	44.5±0.25	110	190	180	108	146	2×ϕ51	M20	M12
PLF-H500×※FP	493	370	88	60	63	80	96.8±0.25	130	44.5±0.25	110	190	180	108	146	2×ϕ51	M20	M12
PLF-H660×※FP	567	444	88	60	63	80	96.8±0.25	130	44.5±0.25	110	190	180	108	146	2×ϕ51	M20	M12

（续）

型　　号	≈H	≈H_1	H_2	H_4	H_5	h	h_1	h_2	h_3	h_4	L	L_1	L_2	D	d	d_1	d_2
16MPa 压力管路过滤器																	
PLF-E240×※FP	352	254	63	45	43	45	69.9±0.25	94	35.7±0.25	82	140	130	77	95	2×ϕ38	M12	M10
PLF-E330×※FP	368	257	76	55	56	75	77.8±0.25	102	42.9±0.25	96	180	164	100	140	2×ϕ51	M12	M12
PLF-E500×※FP	461	350	76	55	56	75	77.8±0.25	102	42.9±0.25	96	180	164	100	140	2×ϕ51	M12	M12
PLF-E660×※FP	535	424	76	55	56	75	77.8±0.25	102	42.9±0.25	96	180	164	100	140	2×ϕ51	M12	M12
6.3MPa 压力管路过滤器																	
型　　号	≈H	≈H_1	H_2	H_4	H_5	h	h_1	h_2	h_3	h_4	L	L_1	L_2	D	d	d_1	d_2
PLF-C240×※FP	348	254	59	45	39	45	69.9±0.25	94	35.7±0.25	82	140	114	69	95	2×ϕ38	M12	M10
PLF-C330×※FP	350	249	66	55	46	65	77.8±0.25	102	42.9±0.25	96	180	144	90	133	2×ϕ51	M12	M12
PLF-C500×※FP	443	342	66	55	46	65	77.8±0.25	102	42.9±0.25	96	180	144	90	133	2×ϕ51	M12	M12
PLF-C660×※FP	517	416	66	55	46	65	77.8±0.25	102	42.9±0.25	96	180	144	90	133	2×ϕ51	M12	M12

滤芯压差流量曲线见图22.8-7。

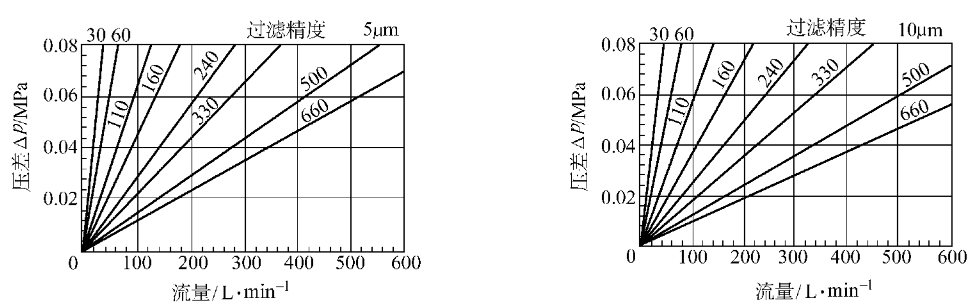
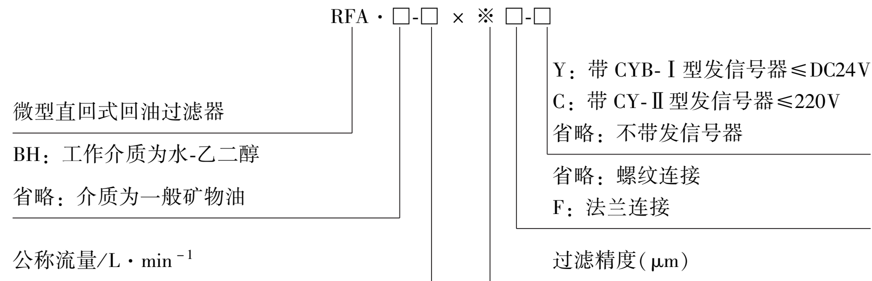


图22.8-7　曲线图

2.5.6　RFA 型微型回油过滤器

（1）型号说明



（2）符号图及安装示意（见图22.8-8、图22.8-9）

（3）技术规格（见表22.8-30）

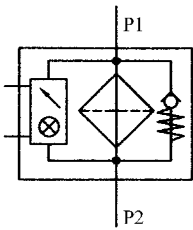


图 22.8-8　符号图

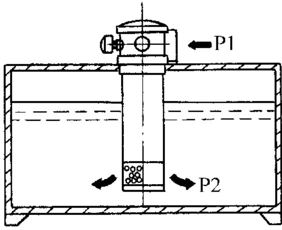


图 22.8-9　安装示意图

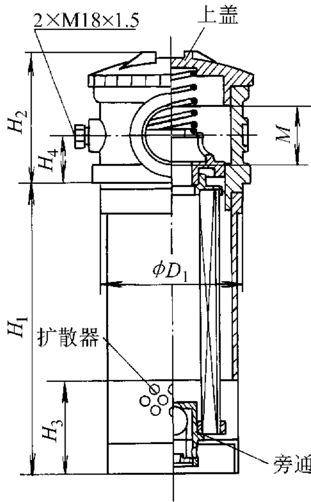
表 22.8-30　技术规格

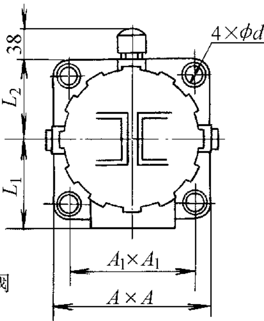
型　号	公称流量 /L·min⁻¹	过滤精度 /μm	通径 /mm	公称压力 /MPa	压力损失/MPa		发信号器		连接方式	滤芯型号
					原始	最大	电压/V	电流/A		
RFA-25×※	25	1 3 5 10 20 30	15	1.6	≤0.075	0.35	12 24 36 220	2.5 2 1.5 0.25	螺纹	FAX-25×※
RFA-40×※	40		20							FAX-40×※
RFA-63×※	63		25							FAX-63×※
RFA-100×※	100		32							FAX-100×※
RFA-160×※	160		40							FAX-160×※
RFA-250×※	250		50						法兰	FAX-250×※
RFA-400×※	400		65							FAX-400×※
RFA-630×※	630		80							FAX-630×※
RFA-800×※	800		90							FAX-800×※

（4）外形尺寸（见表 22.8-31）

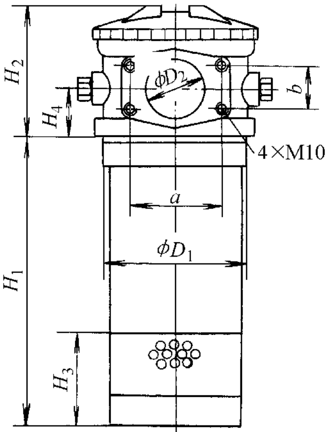
表 22.8-31　外形尺寸　（mm）

进油口螺纹连接





进油口法兰连接



螺纹连接

型　号	H_1	H_2	H_3	H_4	ϕD_1	M	A	A_1	L_1	L_2	ϕd
RFA-25×※	127	74	45	25	75	M22×1.5	90	70	53	45	9
RFA-40×※	158					M27×2					
RFA-63×※	185	93	60	33	95	M33×2	100	85	60	53	
RFA-100×※	245					M42×2					
RFA-160×※	322	108	80	40	110	M48×2	125	95	71	61	13

（续）

法兰连接														
型　　号	H_1	H_2	H_3	H_4	ϕD_1	ϕD_2	a	b	A	A_1	L_1	L_2	ϕd	Q
RFA-250×※	422	108	80	40	110	50	70	40	125	95	81	61	13	60
RFA-400×※	467	135	100	55	130	65	90	50	140	110	90	68		73
RFA-630×※	494	175	118	70	160	90	120	70	170	140	110	85		102
RFA-800×※	606													

生产厂：温州远东液压有限公司、黎明液压有限公司、沈阳六玲过滤机器有限公司。

2.5.7　SRFA 型双筒箱上回油过滤器

（1）型号说明

SRFA・□-□×※□-□

- 双筒微型直回式回油过滤器
- BH：工作介质为水-乙二醇；省略：介质为一般矿物油
- 公称流量/L・min^{-1}
- 过滤精度(μm)
- 省略：螺纹连接；F：法兰连接
- Y：带 CYB-Ⅰ型发信号器≤DC24V；C：带 CY-Ⅱ型发信号器≤220V；省略：不带发信号器

（2）符号图(见图 22.8-10)

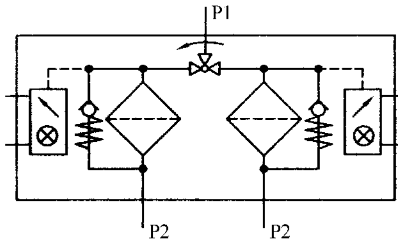


图 22.8-10　符号图

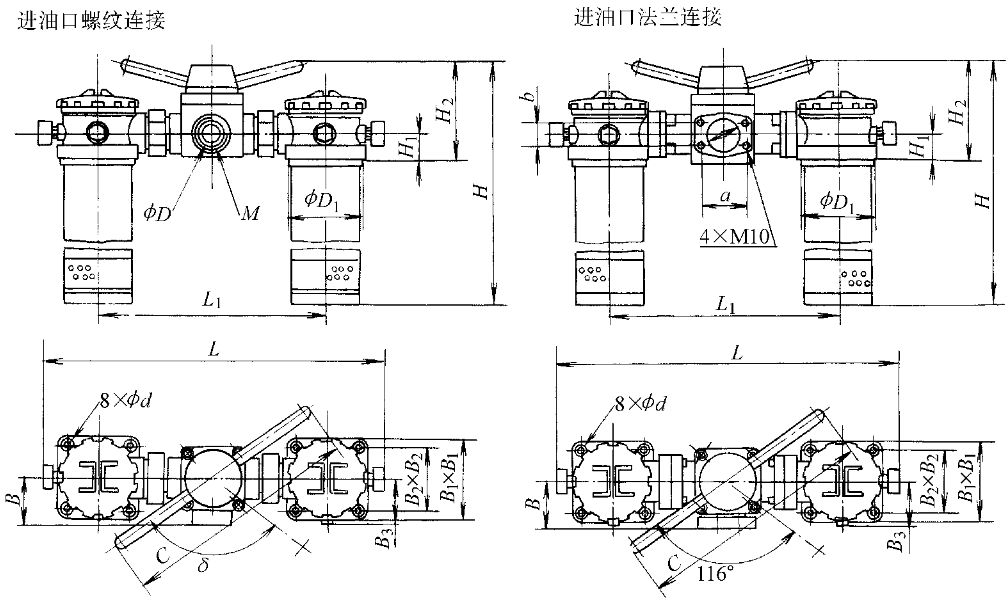
（3）技术规格(见表 22.8-32)

表 22.8-32　技术规格

型　　号	公称流量 /L・min^{-1}	过滤精度 /μm	通径 /mm	公称压力 /MPa	压力损失/MPa		发信号器		连接方式	滤 芯 型 号
					原始	最大	电压/V	电流/A		
SRFA-25×※	25	1 3 5 10 20 30	20	1.6	≤0.08	0.35	12 24 36 220 1	2.5 2 1.5 0.25	螺纹	SFAX-25×※
SRFA-40×※	40		20							SFAX-40×※
SRFA-63×※	63		32							SFAX-63×※
SRFA-100×※	100		32							SFAX-100×※
SRFA-160×※	160		50							SFAX-160×※
SRFA-250×※	250		50						法兰	SFAX-250×※
SRFA-400×※	400		65							SFAX-400×※
SRFA-630×※	630		90							SFAX-630×※
SRFA-800×※	800		90							SFAX-800×※

（4）外形尺寸(见表 22.8-33)

表 22.8-33 外形尺寸 (mm)



螺纹连接

型　　号	ϕD	ϕD_1	M	B	B_1	B_2	B_3	ϕd	L	L_1	H	H_1	H_2	C	δ/(°)
SRFA-25×※L	20	75	M27×2	53	90	70	53	9	388	224	249	25	122	265	135
SRFA-40×※L											280				
SRFA-63×※L	32	95	M42×2	60	110	85	61	9	430	250	288	33	138	275	124
SRFA-100×※L											348				

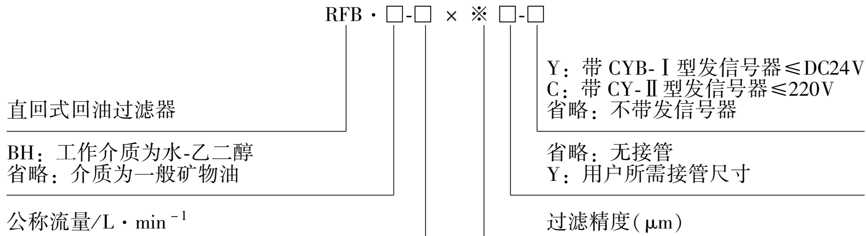
法兰连接

型　　号	ϕD	ϕD_1	a	b	H	H_1	H_2	B	B_1	B_2	B_3	ϕd	L	L_1	C	Q
SRFA-160×※F	50	110	70	40	482	40	160	81	125	95	67	13	566	320	350	60
SRFA-250×※F					582											
SRFA-400×※F	65	130	90	50	664	55	197	90	140	110	76	13	580	370	400	73
SRFA-630×※F	90	160	120	70	743	70	248	115	170	140	93	13	694	450	545	102
SRFA-800×※F					853											

生产厂：温州远东液压有限公司、黎明液压有限公司、沈阳六玲过滤机器有限公司。

2.5.8 RFB 型箱侧回油过滤器

（1）型号说明



（2）符号图及安装示意(见图 22.8-11、图22.8-12)

（3）技术规格(见表 22.8-34)

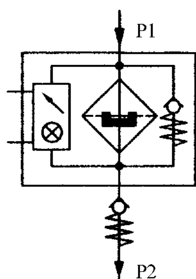


图 22.8-11　符号图

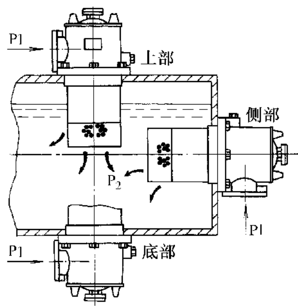


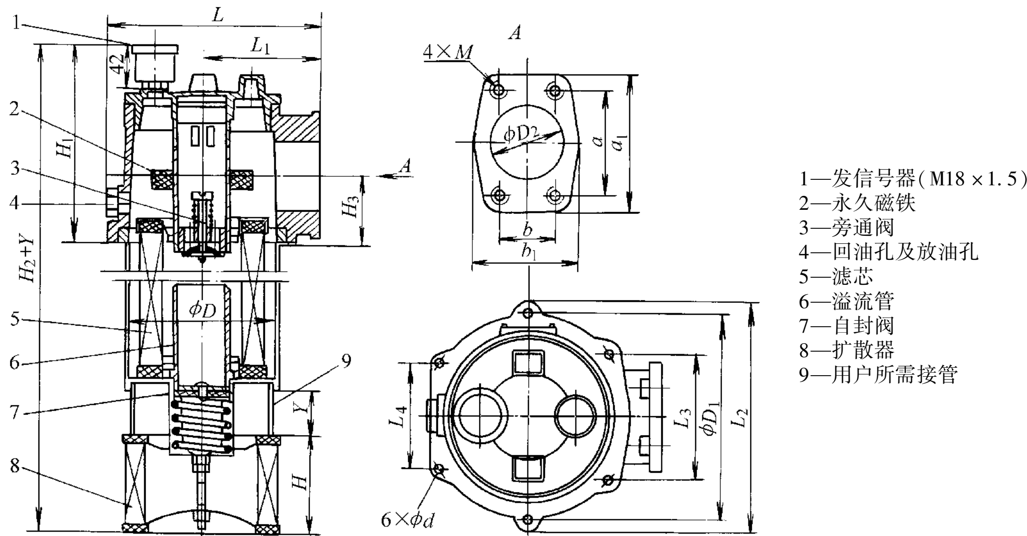
图 22.8-12　安装示意图

表 22.8-34　技术规格

型　　号	公称流量 /L·min⁻¹	过滤精度 /μm	公称压力 /MPa	压力损失/MPa 原始	压力损失/MPa 最大	发信号器 电压/V	发信号器 电流/A	连接方式	滤 芯 型 号
RFB-25×※	25	1 3 5 10 20 30	1.6	≤0.075	0.35	12 24 36 220	2.5 2 1.5 0.25	法兰	FBX-25×※
RFB-40×※	40								FBX-40×※
RFB-63×※	63								FBX-63×※
RFB-100×※	100								FBX-100×※
RFB-160×※	160								FBX-160×※
RFB-250×※	250								FBX-250×※
RFB-400×※	400								FBX-400×※
RFB-630×※	630								FBX-630×※
RFB-800×※	800								FBX-800×※
RFB-1000×※	1000								FBX-1000×※

（4）外形尺寸(见表 22.8-35)

表 22.8-35　外形尺寸　（mm）



（续）

型　号	H	H_1	H_2	H_3	ϕD	ϕD_1	ϕD_2	L	L_1	L_2	L_3	L_4	M	ϕd	a	a_1	b	b_1	Q
RFB-25×※	78	167	348+Y	58	124	150	55	175	96.5	168	90	75	M10	M10	78	102	43	80	ϕ60
RFB-40×※			374+Y																
RFB-63×※			411+Y																
RFB-100×※			473+Y																
RFB-160×※			548+Y																
RFB-250×※	120	210	558+Y	74	186	225	80	250	132	245	132	112	M12	M12	106	140	62	110	ϕ90
RFB-400×※			708+Y																
RFB-630×※			877+Y																
RFB-800×※			948+Y																
RFB-1000×※			1114+Y																

生产厂：温州远东液压有限公司、黎明液压有限公司。

2.5.9　DRLF型大流量回油过滤器

（1）型号说明

DRLF·□-□ × ※ □-□

双筒直回式回油过滤器

BH：工作介质为水-乙二醇
省略：介质为一般矿物油

公称流量/L·min^{-1}

Y：带CYB-Ⅰ型发信号器≤DC24V
C：带CY-Ⅱ型发信号器≤220V
省略：不带发信号器

用户所需Y尺寸(mm)

过滤精度(μm)

（2）技术参数(见表22.8-36)

（3）外形尺寸(见表22.8-37)

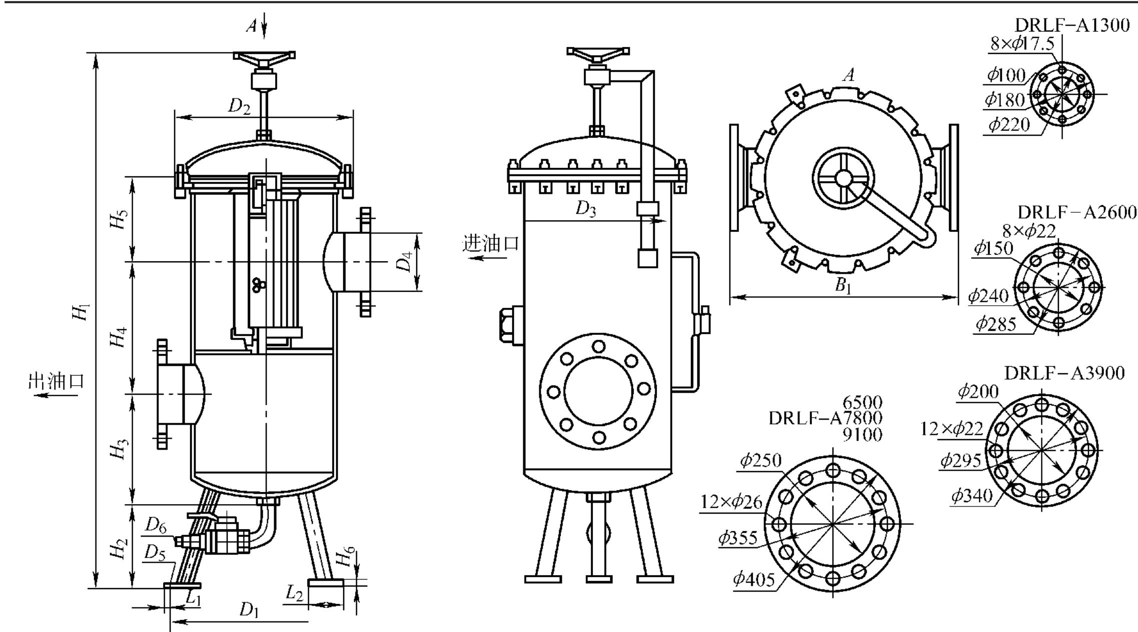
表22.8-36　DRLF系列过滤器的技术参数

型　号	通径/mm	公称流量/L·min^{-1}	过滤精度/μm	公称压力/MPa	压力损失/MPa		旁通阀开启压力/MPa	发信装置功率	重量/kg	滤芯型号	滤芯数量
					初始	最大					
DRLF-A1300×※P	ϕ100	1300	1 3 5 10 20 30	1.6	0.2	0.35	0.4	24V/48W 220V/50W	140	SFX-1300×※	1
DRLF-A2600×※P	ϕ150	2600							202		2
DRLF-A3900×※P	ϕ200	3900							225		3
DRLF-A6500×※P	ϕ250	6500							266		5
DRLF-A7800×※P	ϕ250	7800							287		6
DRLF-A9100×※P	ϕ250	9100							308		7

表22.8-37　DRLF系列过滤器的外形尺寸　　(mm)

型　号	B_1	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	L_1	L_2	滤芯总数
DRLF-A1300×※P	500	ϕ450	ϕ325	ϕ245	ϕ100	ϕ14	G3/4	1200	250	230	365	230	10	27	80	1
DRLF-A2600×※P	600	ϕ555	ϕ500	ϕ416	ϕ150	ϕ18	G1	1280	250	275	365	230	15	29	100	2
DRLF-A3900×※P	600	ϕ555	ϕ500	ϕ416	ϕ200	ϕ18	G1	1280	250	275	365	230	15	29	100	3
DRLF-A6500×※P	746	ϕ600	ϕ610	ϕ508	ϕ250	ϕ23	G1	1500	250	350	450	250	18	31	110	5
DRLF-A7800×※P	746	ϕ600	ϕ610	ϕ508	ϕ250	ϕ23	G1	1500	250	350	450	250	18	31	110	6
DRLF-A9100×※P	746	ϕ600	ϕ610	ϕ508	ϕ250	ϕ23	G1	1500	250	350	450	250	18	31	110	7

（续）



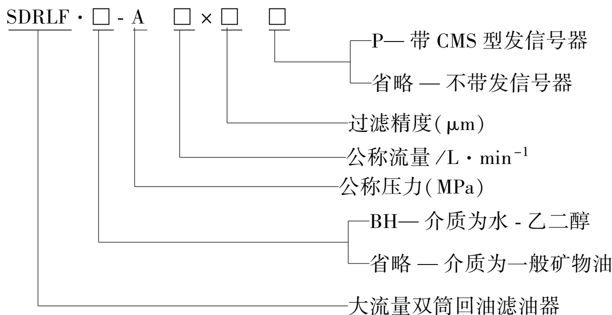
注：1. ※为过滤精度，若使用介质为水-乙二醇，带发信器，则过滤器型号为 DRLF・BH-A2600×※P；滤芯型号为 SFX・BH-1300×※。

2. 生产厂：远东仪表有限公司；上海德艺宝机械制造有限公司。

2.5.10　SDRLF 系列大流量双筒回油滤油器

SDRLF 系列大流量双筒回油滤油器由两只单筒滤油器及二位六通换向阀组成。亦带有旁通阀及滤芯污染堵塞发信器，可在不停机的工况下清洗或换滤芯，保证主机正常连续工作。使用中当需要换滤芯时，只要打开压力平衡阀，转动手动换向阀，另一只滤油器即可代替换滤芯这一只参加工作，然后就可更换已堵塞的滤油器滤芯。

（1）型号说明



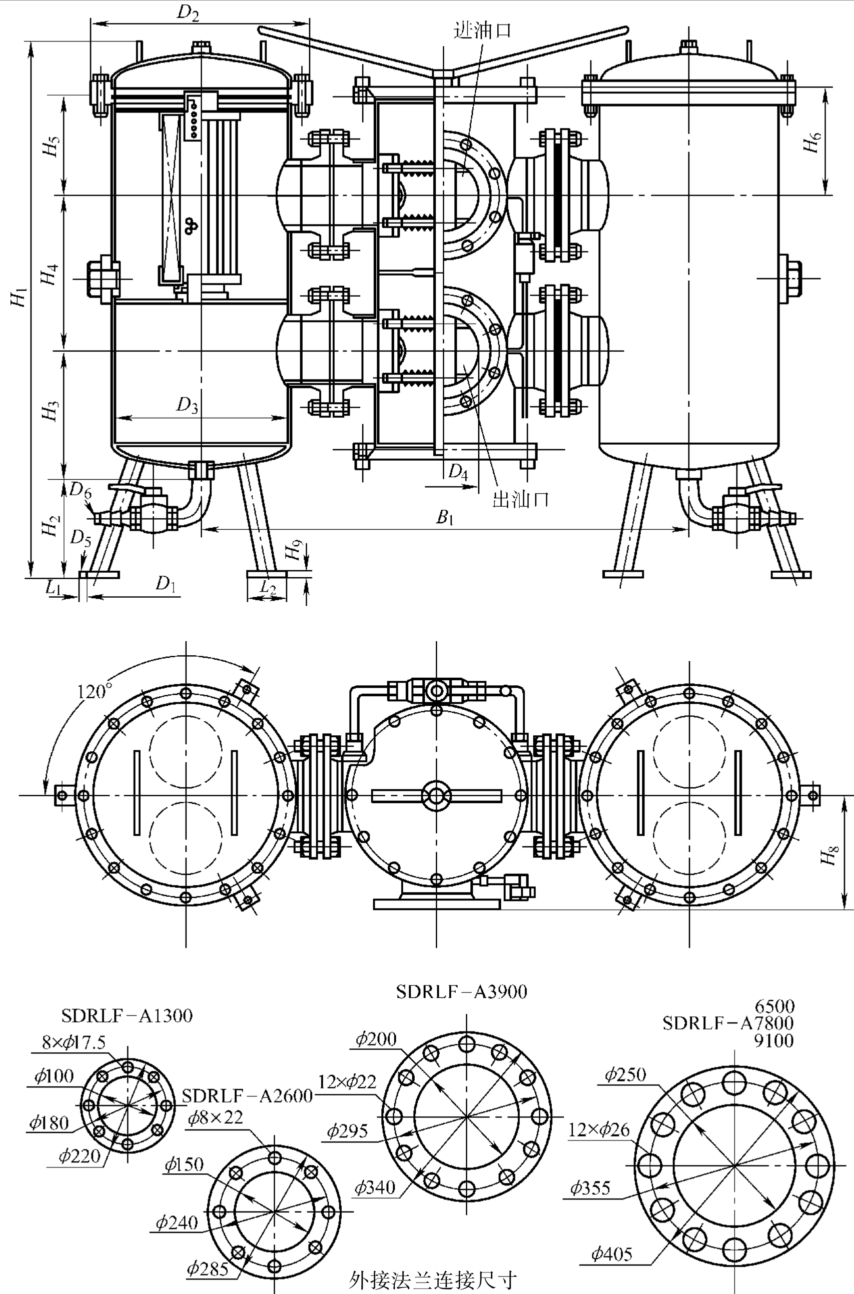
（2）技术规格(见表 22.8-38)

表 22.8-38　SDRLF 系列大流量双筒回油滤油器的技术规格

型　号	通径 /mm	公称流量 /L・min^{-1}	过滤精度 /μm	公称压力 /MPa	压力损失 /MPa		旁通阀开启压力 /MPa	发信装置功率 /kW	重量 /kg	滤　芯	
					原始	最大				型号	数量
SDRLF-A1300×※P	ϕ100	1300	1 3 5 10 20 30	1.6	0.2	0.35	0.4	24V/48W 220V/50W	610	SFX-1300×※	1×2
SDRLF-A2600×※P	ϕ150	2600							820		2×2
SDRLF-A3900×※P	ϕ200	3900							850		3×2
SDRLF-A6500×※P	ϕ250	6500							915		5×2
SDRLF-A7800×※P	ϕ250	7800							960		6×2

（3）外形尺寸（见表 22.8-39）

表 22.8-39　SDRLF 系列大流量双筒回油滤油器的外形和安装连接尺寸　（mm）



外接法兰连接尺寸

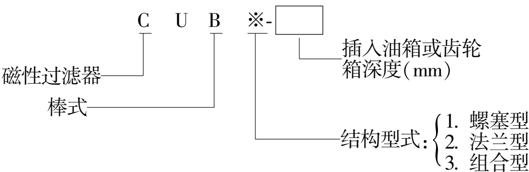
型　　号	B_1	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_8	H_9	L_1	L_2	滤芯总数
SDRLF-A1300×※P	900	φ450	φ325	φ245	φ100	φ14	G3/4	1200	250	230	365	230	150	200	10	27	80	2
SDRLF-A2600×※P	1125	φ555	φ500	φ416	φ150	φ18	G1	1280	250	275	365	230	225	260	15	29	100	4
SDRLF-A3900×※P	1125	φ555	φ500	φ416	φ200	φ18		1280	250	275	365	230	225	260	15	29	100	6
SDRLF-A6500×※P	1400	φ600	φ610	φ508	φ250	φ23		1500	250	350	450	250	270	325	18	31	110	10
SDRLF-A7800×※P	1400	φ600	φ610	φ508	φ250	φ23		1500	250	350	450	250	270	325	18	31	110	12

生产厂：上海德艺宝机械制造有限公司。

2.5.11　CUB 型磁性过滤器

棒式磁性过滤器为插入式结构，可去除油箱和齿轮箱内介质中的铁质污染物，定期需要清洗。

(1) 型号说明

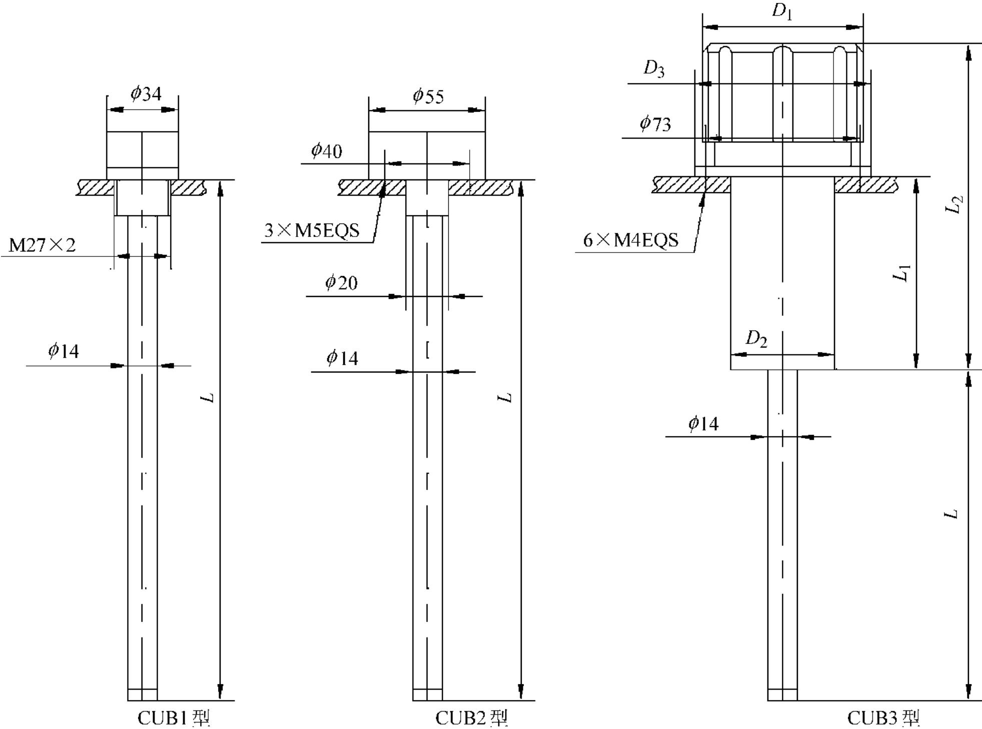


(2) 技术规格及外形尺寸(见表 22.8-40)

2.5.12　LUC 型精密滤油车

对于比例液压系统和伺服液压系统，对工作介质有特别高的清洁度要求，对系统油箱中加入新油，也必须通过精细滤油车来加入。另外，在油箱清洗的时候，将油箱中的油抽出及重新装入，也必须通过滤油车来完成，否则要保证油箱的清洁度是难以达到的。因此，滤油车也是经常用到的设备。

表 22.8-40　CUB 型磁性过滤器技术规格及外形尺寸　(mm)



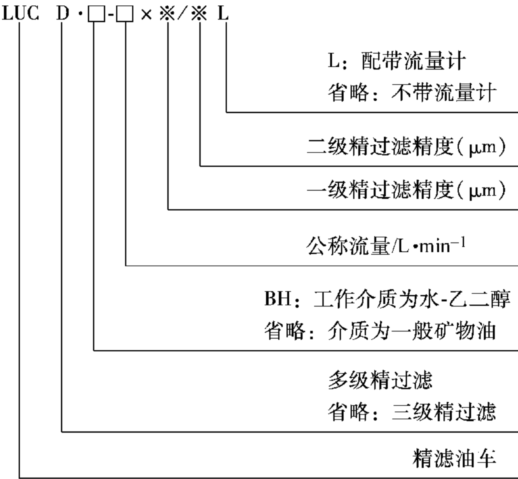
<table>
<tr><th>型　号</th><th>L</th><th>型　号</th><th>L</th><th>L_1</th><th>L_2</th><th>D_1</th><th>D_2</th><th>D_3</th></tr>
<tr><td>CUB1-100</td><td rowspan="2">100</td><td rowspan="2">CUB3-100</td><td rowspan="2">85</td><td rowspan="8">96</td><td rowspan="8">159</td><td rowspan="8">76</td><td rowspan="8">49</td><td rowspan="8">83</td></tr>
<tr><td>CUB2-100</td></tr>
<tr><td>CUB1-160</td><td rowspan="2">160</td><td rowspan="2">CUB3-160</td><td rowspan="2">145</td></tr>
<tr><td>CUB2-160</td></tr>
<tr><td>CUB1-250</td><td rowspan="2">250</td><td rowspan="2">CUB3-250</td><td rowspan="2">235</td></tr>
<tr><td>CUB2-250</td></tr>
<tr><td>CUB1-320</td><td rowspan="2">320</td><td rowspan="2">CUB3-320</td><td rowspan="2">305</td></tr>
<tr><td>CUB2-320</td></tr>
</table>

（续）

型　号	L	型　号	L	L_1	L_2	D_1	D_2	D_3
CUB1-400	400	CUB3-400	385					
CUB2-400								
CUB1-500	500	CUB3-500	485					
CUB2-500								
CUB1-630	630	CUB3-630	615	96	159	76	49	83
CUB2-630								
CUB1-800	800	CUB3-800	785					
CUB2-800								
CUB1-1000	1000	CUB3-1000	985					
CUB2-1000								

生产厂：江苏、马沟液压附件厂。

（1）型号说明

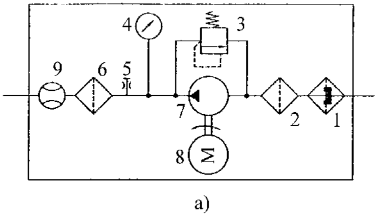


（2）油路原理图（见图22.8-13）

（3）技术规格（见表22.8-41）

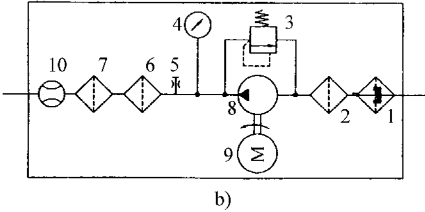
（4）外形尺寸（见表22.8-42）

LUC系列精滤油车油路图



a)

LUCD系列精滤油车油路图



b)

图22.8-13　油路原理图

a）1—磁性过滤器　2—粗过滤器　3—安全阀　4—压力表　5—放气装置　6—精过滤器　7—液压泵　8—电动机　9—流量计

b）1—磁性过滤器　2—粗过滤器　3—安全阀　4—压力表　5—放气装置　6—一级精过滤器　7—二级精过滤器　8—液压泵　9—电动机　10—流量计

2.5.13　静电净油机

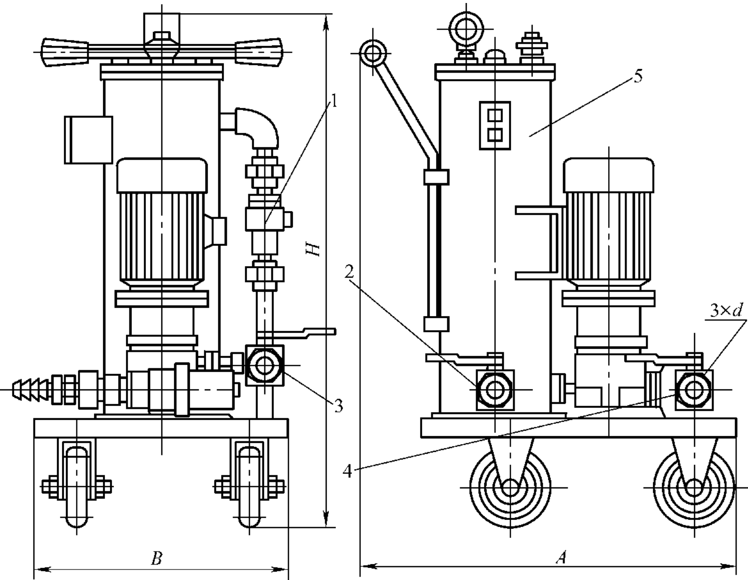
（1）型号说明



表 22.8-41　技术规格

型　　号	公称流量 /L·min^{-1}	吸油过滤精度 /μm	精过滤精度/μm 一级过滤	精过滤精度/μm 二级过滤	压力损失 /MPa	电压及功率 电压 /V	电压及功率 功率 /kW	安全阀开启压力 /MPa	磁铁吸力 /N	重量 /kg
LUC-16×※	16						0.38			24
LUC-40×※	40						0.75			35
LUC-63×※	63	100	3 5 10 20 30 40		≤0.01	380	1.10	>0.4		43
LUC-100×※	100						1.50			45
LUC-125×※	125								2	47
LUCD-16×※/※	16						0.38			26
LUCD-40×※/※	40						0.75			37
LUCD-63×※/※	63	100	20 30 40	3 5 10	≤0.01	380	1.10	>0.4		45
LUCD-100×※/※	100						1.50			48
LUCD-125×※/※	125									49

表 22.8-42　外形尺寸　　（mm）



LUCA 型滤油车外形尺寸图

1—流量计　2、3—出油口　4—吸油口　5—三级过滤筒

型　　号	尺寸/mm H	B	A	d(通径)	型　　号	尺寸/mm H	B	A	d(通径)
LUC-16×※	830		640	25	LUCD-16×※/※	830		640	25
LUC-40×※	900				LUCD-40×※/※	900			
LUC-63×※		400			LUCD-63×※/※		400		
LUC-100×※	920		720	32	LUCD-100×※/※	920		720	32
LUC-125×※					LUCD-125×※/※				

（2）技术规格(见表22.8-43)

表22.8-43 技术规格

型 号	泵流量/L·min^{-1}	有效电场容积/L	功率/W	电源电压/V	外形尺寸 长/mm×宽/mm×高/mm	重量/kg
DJ-10	4	10	200	220	460×452×572	45
JJ-15	6	—	570	220	560×690×720	70

生产厂：温州黎明液压机电公司。

3 热交换器

液压系统中的油温，一般应控制在30～50℃范围内。最高不应高于65℃，最低不应低于15℃。油温过高，将使油液迅速老化变质，同时使油液的粘度降低，造成元件内泄漏量增加，系统效率降低；油温过低，使油液粘度过大，造成泵吸油困难。油温的过高或过低都会引发系统工作不正常，为保证油液能在正常的范围内工作，需对系统油液温度进行必要的控制，即采用加热或冷却方式。

3.1 冷却器的种类及特点(见表22.8-44)

表22.8-44 冷却器的种类及特点

种类		特点	冷却效果
水冷却式	列管式：固定折板式，浮头式，双重管式，U形管式，立式、卧式等	冷却水从管内流过，油从列管间流过，中间折板使油折流，并采用双程或四程流动方式，强化冷却效果	散热效果好，散热系数可达350～580W/(m^2·℃)
	波纹板式：人字波纹式，斜波纹式等	利用板式人字或斜波纹结构叠加排列形成的接触点，使液流在流速不高的情况下形成紊流，提高散热效果	散热效果好，散热系数可达230～815W/(m^2·℃)
风冷却式	风冷式：间接式、固定式及浮动式或支撑式和悬挂式等	用风冷却油，结构简单，体积小，重量轻，热阻小，换热面积大，使用、安装方便	散热效率高，油散热系数可达116～175W/(m^2·℃)
制冷式	机械制冷式：箱式、柜式	利用氟里昂制冷原理把液压油中的热量吸收、排出	冷却效果好，冷却温度控制较方便

3.2 冷却器的选择及计算

在选择冷却器时应首先要求冷却器安全可靠，有足够的散热面积，压力损失小，散热效率高，体积小，重量轻等。然后根据使用场合、作业情况选择冷却器类型，如使用现场是否有冷却水源，液压站是否随行走机械一起运动，当存在以上情况时，应优先选择风冷式，然后是机械制冷式。

（1）水冷式冷却器的冷却面积计算

$$A=\frac{N_h-N_{hd}}{K\Delta T_{av}}$$

式中 A——冷却器的冷却面积(m^2)；

N_h——液压系统发热量(W)；

N_{hd}——液压系统散热量(W)；

K——散热系数，见表22.8-44；

ΔT_{av}——平均温差(℃)；

$$\Delta T_{av}=\frac{(T_1+T_2)-(t_1+t_2)}{2}$$

T_1、T_2——进口和出口油温(℃)；

t_1、t_2——进口和出口水温(℃)。

（2）系统发热量和散热量的估算

$$N_h=N_p(1-\eta_C)$$

式中 N_p——输入泵的功率(W)；

η_C——系统的总效率，合理、高效的系统为70%～80%，一般系统仅达到50%～60%。

$$N_{hd}=K_1A\Delta t$$

式中 K_1——油箱散热系数[W/(m^2·℃)]，取值范围见表22.8-45；

A——油箱散热面积(m^2)；

Δt——油温与环境温度之差(℃)。

（3）冷却水用量 q_s(m^3/s)的计算

$$q_s=\frac{C\rho(T_1-T_2)}{C_s\rho_s(t_2-t_1)}q$$

式中 C——油的比热容[J/(kg·℃)]，一般 C = 2010J/(kg·℃)；

C_s——水的比热容[J/(kg·℃)]，一般 C_s = 1J/(kg·℃)；

ρ——油的密度(kg/m^3)，一般 ρ = 900kg/m^3；

ρ_s——水的密度(kg/m^3)，一般 ρ_s = 1000kg/m^3；

q——油液的流量(m^3/s)。

表 22.8-45　油箱散热系数

油箱散热情况	散热系数 K_1 /W·(m^2·K)$^{-1}$
整体式油箱，通风差	11 ~ 28
单体式油箱，通风较好	29 ~ 57
上置式油箱，通风好	58 ~ 74
强制通风的油箱	142 ~ 341

(4) 风冷式冷却器面积的计算

$$A=\frac{N_h-N_{hd}}{K\Delta T_{av}}a$$

式中　N_h——液压系统发热量(W)；

N_{hd}——液压系统散热量(W)；

a——污垢系数，一般 $a=1.5$；

K——散热系数，见表 22.8-44；

ΔT_{av}——平均温差(℃)；

$$\Delta T_{av}=\frac{(T_1+T_2)-(t_1'+t_2')}{2}$$

t_1'、t_2'——进口出口空气温度(℃)；

$$t_2'=t_1'+\frac{N_p}{q_p\rho_p C_p}$$

q_p——空气流量(m^3/s)；

ρ_p——空气密度(kg/m^3)，一般 $\rho_p=1.4kg/m^3$；

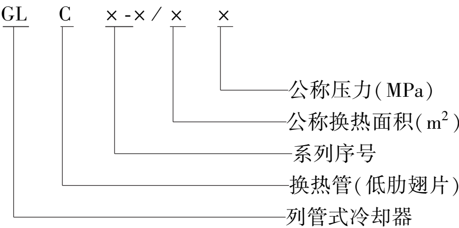
C_p——空气比热容[J/(kg·℃)]，一般 $C_p=1005J/(kg·℃)$；

空气流量 q_p(m^3/s)为

$$q_p=\frac{N_h}{C_p\rho_p}$$

3.3　GL※型列管式冷却器

(1) 型号说明



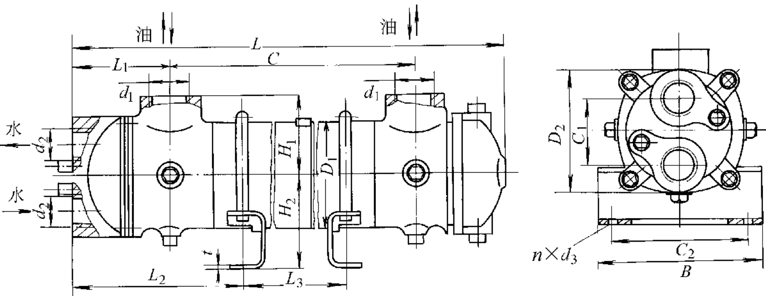
(2) 技术规格(见表 22.8-46)

(3) 外形尺寸(见表 22.8-47)

表 22.8-46　技术规格

冷却面积 /m^2	工作压力 /MPa	工作温度 /℃	压力降/MPa 油侧	压力降/MPa 水侧	油水流量比	介质粘度 /$mm^2·s^{-1}$	换热系数 /W·(m^2·K)$^{-1}$
0.4 ~ 1.2	0.63 1.0 1.6	≤100	≤0.1	≤0.05	1:1 左右	20 ~ 50	≥350
1.3 ~ 3.5							
4 ~ 11							
13 ~ 27							
30 ~ 54							
55 ~ 90							

表 22.8-47　外形尺寸　(mm)



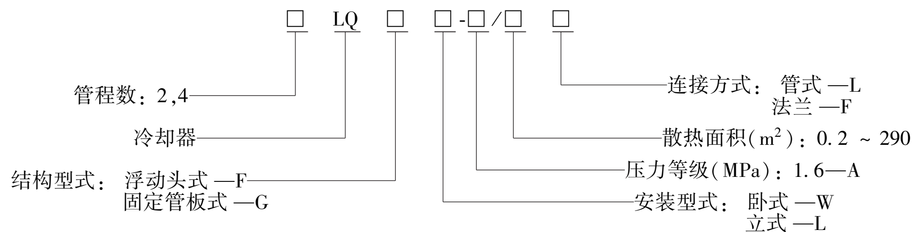
（续）

型　　号	L	C	L_1	H_1	H_2	D_1	D_2	C_1	C_2	B	L_2	L_3	t	$n\times d_3$	d_1	d_2	重量/kg
GLC1-0.4	370	240	67	60	68	78	92	52	102	132	115	145	2	$4\times\phi11$	G1	G3/4	8
GLC1-0.6	540	405										310					10
GLC1-0.8	660	532										435					12
GLC1-1	810	665										570					13
GLC1-1.2	940	805										715					15
GLC1-1.3	556	375	98	85	93	120	137	78	145	175	172	225	2	$4\times\phi11$	G1	G1	19
GLC2-1.7	690	500										350					21
GLC2-2.1	820	635										485					25
GLC2-2.6	960	775										630					29
GLC2-3	1110	925										780					32
GLC2-3.5	1270	1085										935					36
GLC3-4	840	570	152	125	158	168	238	110	170	210	245	380	10	$4\times\phi15$	G1 $\frac{1}{2}$	G1 $\frac{1}{4}$	74
GLC3-5	990	720										530					77
GLC3-6	1140	870										680					85
GLC3-7	1310	1040										850					90
GLC3-8	1470	1200										1010			G2	G1 $\frac{1}{2}$	96
GLC3-9	1630	1360										1170					105
GLC3-10	1800	1530										1340					110
GLC3-11	1980	1710										1520					118
GLC4-13	1340	985	197	160	208	219	305	140	320	270	318	745	12	$4\times\phi19$	G2	G2	152
GLC4-15	1500	1145										905					164
GLC4-17	1660	1305	197	160	208	219	305	140	320	270	318	1065	12	$4\times\phi19$	G2	G2	175
GLC4-19	1830	1475										1235					188
GLC4-21	2010	1655										1415					200
GLC4-23	2180	1825										1585					213
GLC4-25	2360	2005															225
GLC4-27	2530	2175										1935					238
GLC5-30	1932	1570	202	200	234	273	355	180	280	320	327	1320	12	$4\times\phi23$	G2	G2 $\frac{1}{2}$	
GLC5-34	2152	1790										1540					
GLC5-37	2322	1960										1710					
GLC5-41	2542	2180										1930					
GLC5-44	2712	2530										2100					
GLC5-47	2872	2510										2260					
GLC5-51	3092	2730										2480					
GLC5-54	3262	2900										2650					
GLC6-55	2272	1860	227	230	284	325	410	200	300	390	362	1590	12	$4\times\phi23$	G2 $\frac{1}{2}$	G3	
GLC6-60	2452	2040										1770					
GLC6-65	2632	2220										1950					
GLC6-70	2812	2400										2130					
GLC6-75	2992	2580										2310					
GLC6-80	3172	2760										2490					
GLC6-85	3352	2940										2670					
GLC6-90	3532	3120										2850					

生产厂：江堰市冷却器厂。

3.4　LQ※型列管式冷却器

（1）型号说明



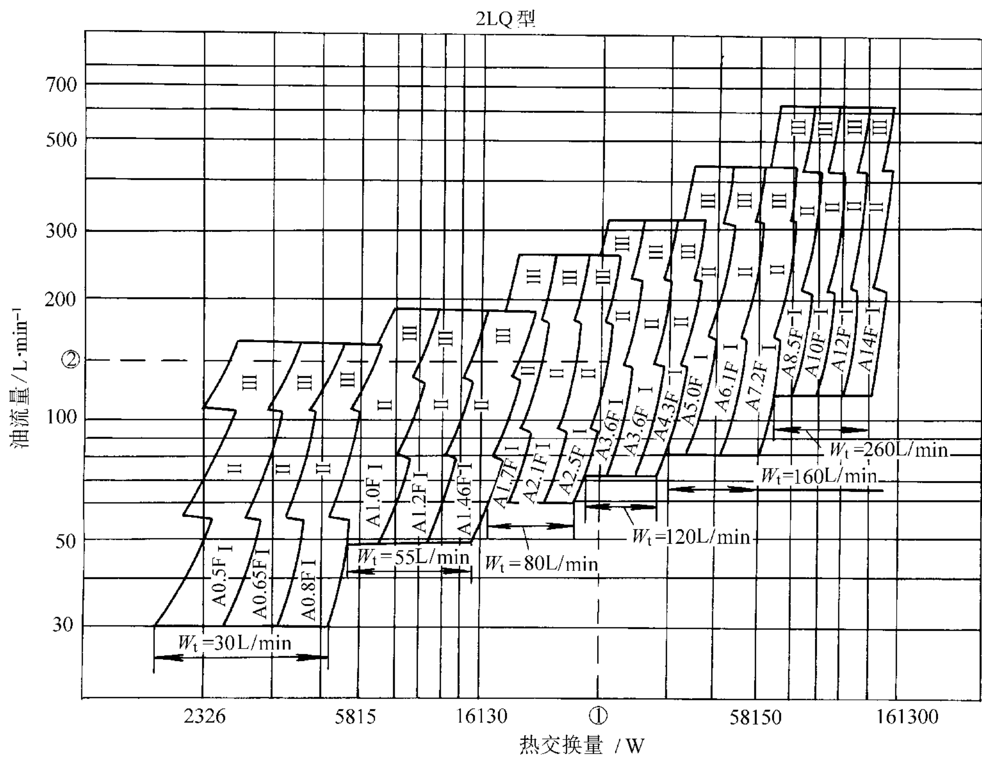
（2）技术规格（见表 22.8-48）

表 22.8-48　技术规格

型　　号	散热面积 /m^2	散热系数 /W·(m^2·K)$^{-1}$	设计温度 /℃	介质压力 /MPa	冷却介质压力 /MPa	油侧压降 /MPa	介质粘度 /mm^2·s^{-1}
2LQFW 2LQFL $2LQF_6W$	0.5～16	348～407	100	1.6	0.8	<0.1	10～326
$2LQF_1W$	19～290		120	1.0	0.5		
$2LQF_4W$	0.5～14	290～638	100	1.6	0.8		—
2LQGW	0.22～11.45	348～407	120		1.0		10～326
$2LQG_2W$	0.2～4.25		100	1.0	0.5		
$4LQF_3W$	1.3～5.3	523～580	80	1.6	0.4		10～50

（3）冷却器的选用（见表 22.8-49）

表 22.8-49　冷却器选用表



注：选定要领：

例：横轴①热交换量为 23260W，纵轴②油的流量 150L/min 的交点。

选定油冷却器为：A2.5F

条件：油出口温度 $T_2 \leqslant 50$℃，冷却水入口温度 $t_1 \leqslant 28$℃

W_t为最低水流量。

（续）

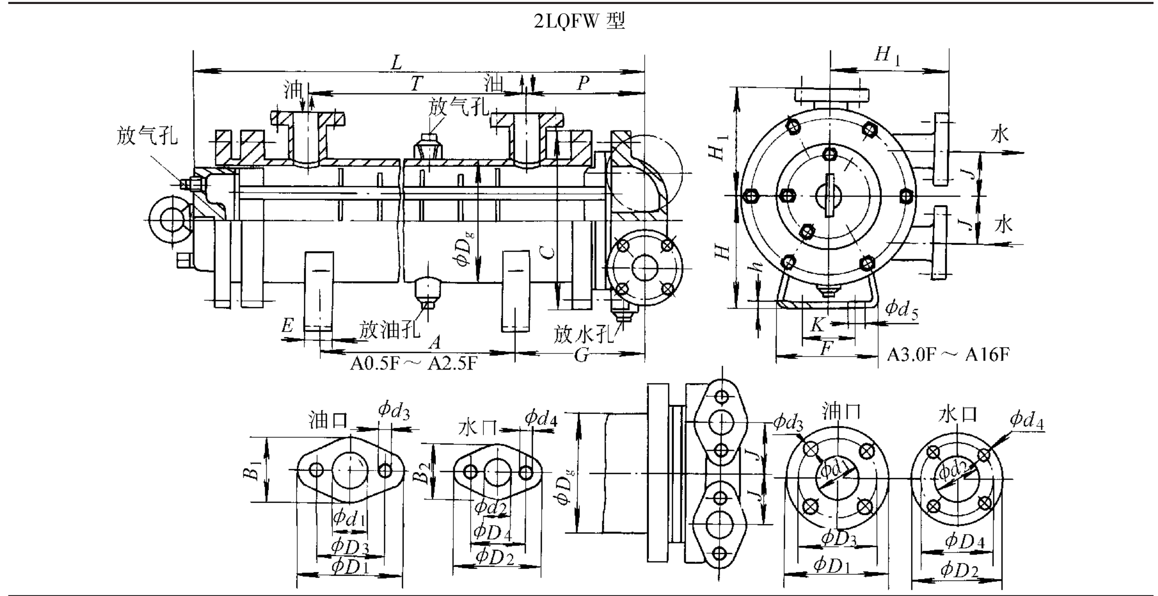
4LQF$_3$ 型								
油流量/L·min^{-1}	热量 Q/W							油侧压力降/MPa
58	15002.7	18142.8	21515.5	24771.5	27912	31168.4	33727	≤0.1
	(12900)	(15600)	(18500)	(21300)	(24000)	(26800)	(29000)	
66	17096.1	20934	24423	28377.2	31982.5	35471.5	38379	
	(14700)	(18000)	(21000)	(24400)	(27500)	(30500)	(33000)	
75	19189.5	23260	27563.1	31749.9	35820.4	40123.5	43496.2	
	(16500)	(20000)	(23700)	(27300)	(30800)	(34500)	(37400)	
83	20817.7	26051.2	29772.8	34308.5	38960.5	43612.5	48264.5	0.11～0.15
	(17900)	(22400)	(25600)	(29500)	(33500)	(37500)	(41500)	
92	22445.9	28493.5	32564	36634.5	41868	47101.5	51753.5	
	(19300)	(24500)	(28000)	(31500)	(36000)	(40500)	(44500)	
100	24539.3	29075	34308.5	40123.5	45822.2	51172	56405.5	
	(21100)	(25000)	(29500)	(34500)	(39400)	(44000)	(48500)	
108	25353.4	31401	36053	42216.9	48264.5	54079.5	59894.5	
	(21800)	(27000)	(31000)	(36300)	(41500)	(46500)	(51500)	
116	27330.5	31982.5	38960.5	45357	50590.5	58150	64546.5	0.15～0.20
	(23500)	(27500)	(33500)	(39000)	(43500)	(50000)	(55500)	
125	27912	33145.5	41868	47101.5	52916.5	61057.5	68035.5	
	(24000)	(28500)	(36000)	(40500)	(45500)	(52500)	(58500)	
132	28493.5	33727	42449.5	48846	56405.5	63965	70943	
	(24500)	(29000)	(36500)	(42000)	(48500)	(55000)	(61000)	
150	29656.5	36634.5	44775.5	53498	61639	69780	76758	0.2～0.3
	(25500)	(31500)	(38500)	(46000)	(53000)	(60000)	(66000)	
166	31401	40705	47683	56987	66291	75595	84899	
	(27000)	(35000)	(41000)	(49000)	(57000)	(65000)	(73000)	
184	34890	41868	51172	58150	68617	80247	89551	
	(30000)	(36000)	(44000)	(50000)	(59000)	(69000)	(77000)	
200	37216	44194	53498	63965	75595	87225	97692	
	(32000)	(38000)	(46000)	(55000)	(65000)	(75000)	(84000)	
换热面积/m^2	1.3	1.7	2.1	2.6	3.4	4.2	5.3	

注：括号内数值单位为 kcal/h。

（4）外形尺寸（见表 22.8-50）

表 22.8-50　外形尺寸　（mm）

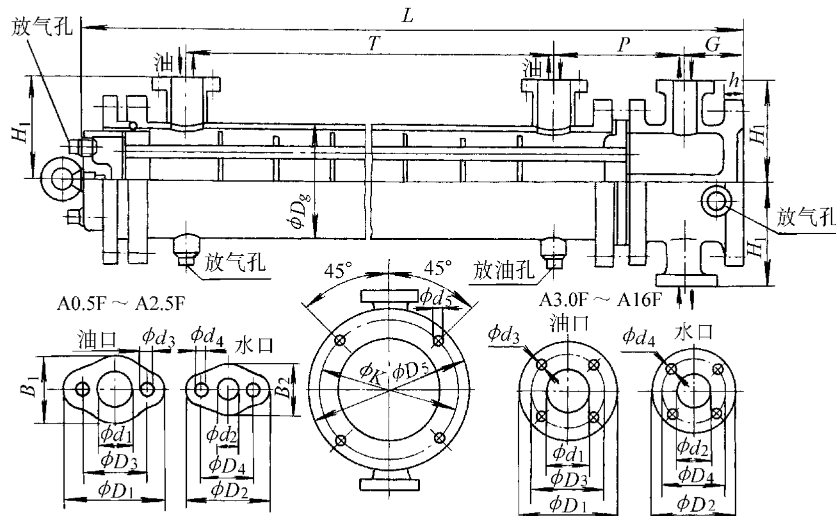
2LQFW 型



（续）

型号		A0.5F	A0.65F	A0.8F	A1.0F	A1.2F	A1.46F	A1.7F	A2.1F	A2.5F	A3.0F	A3.6F	A4.3F	A5.0F	A6.0F	A7.2F	A8.5F	A10F	A12F	A14F	A16F
散热面积/m^2		0.5	0.65	0.8	1.0	1.2	1.46	1.7	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.0	6.0	7.2	8.5	10	12	14	16
底部尺寸	A	345	470	595	440	565	690	460	610	760	540	665	815	540	690	865	575	700	875		
	K	90			104			120			140			170			230				
	h	5															6				
	E	40			45			50			55			60			65				
	F	140			160			180			210			250			320				
	ϕd_5	11			14												18				
筒部尺寸	ϕD_g	114			150			186			219			245			325				
	H_1	115			140			165			200			240			280				
	J	42			47			52			85			95			105				
	H_1	95			115			140			200			240			280				
	L	545	670	790	680	805	930	740	890	1040	870	995	1145	920	1070	1245	1000	1125	1300		1547
	G	100			115			140			175			205			220				
	P	93			105			120			170			190			210				
	T	357	482	607	460	585	710	500	650	800	565	690	840	570	720	895	590	715	890		1038
	C	186			220			270			308			340			406				
法兰尺寸		椭圆法兰									圆形法兰										
油口	ϕd_1	25			32			40			50			65			80				
	ϕD_1	90			100			118			160			180			195				
	B_1	64			72			85			—										
	ϕD_3	65			75			90			125			145			160				
	ϕd_3	11						14			18						8×φ18				
水口	ϕd_2	20			25			32			40			50			65				
	ϕD_2	80			90			100			145			160			180				
	B_2	45			64			72			—										
	ϕD_4	55			65			75			110			125			145				
	ϕd_4	11									18										
重量/kg		30	33	36	47	51	54	60	70	76	110	119	130	145	161	176	215	231	250	260	270

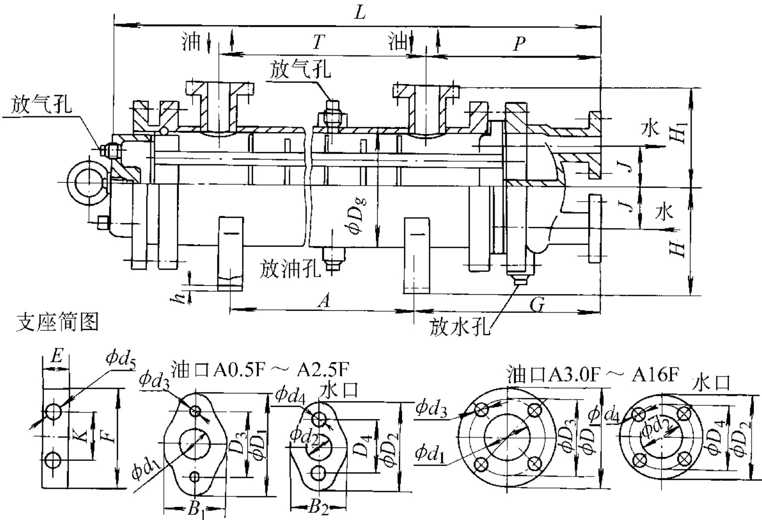
2LQFL 型



（续）

型号		A0.5F	A0.65F	A0.8F	A1.0F	A1.2F	A1.46F	A1.7F	A2.1F	A2.5F	A3.0F	A3.6F	A4.3F	A5.0F	A6.0F	A7.2F	A8.5F	A10F	A12F	A14F	A16F
散热面积/m^2		0.5	0.65	0.8	1.0	1.2	1.46	1.7	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.0	6.0	7.2	8.5	10	12	14	16
底部尺寸	ϕD_5	186			220			270			308			340			406				
	K	164			190			240			278			310			366				
	h	16						18									20				
	G	75			80			85			90			95			100				
	ϕd_5	12			15												18				
筒部尺寸	ϕD_g	114			150			186			219			245			325				
	L	620	745	870	760	886	1010	825	975	1125	960	1085	1235	1015	1165	1340	1100	1225	1400		1547
	H_1	95			115			140			200			240			280				
	P	93			105			120			170			190			210				
	T	357	482	607	460	585	710	500	650	800	565	690	840	570	720	895	590	715	890		1038
法兰尺寸		椭 圆 法 兰									圆 形 法 兰										
油口	ϕd_1	25			32			40			50			65			80				
	ϕD_1	90			100			118			160			180			195				
	B_1	64			72			85			—										
	ϕD_3	65			75			90			125			145			160				
	ϕd_3	11						14			18						8×ϕ18				
水口	ϕd_2	20			25			32			40			50			65				
	ϕD_2	80			90			100			145			160			180				
	B_2	45			64			72			—										
	ϕD_4	55			65			75			110			125			145				
	ϕd_4	11									18										
重量/kg		35	38	41	51	55	58	68	77	84	118	126	137	148	163	179	227	243	265	275	285

2LQF$_6$W 型

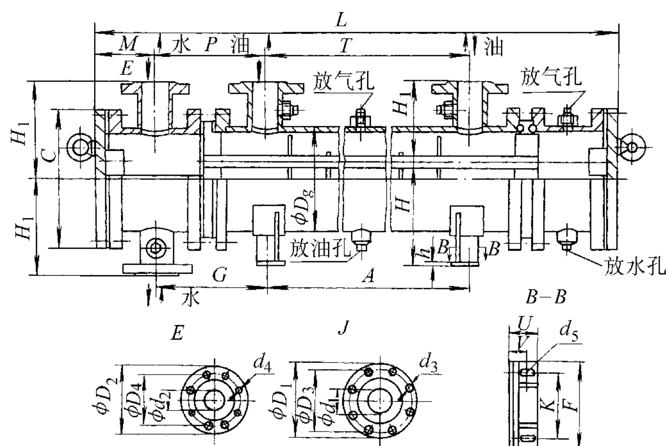


型号		A0.5F	A0.65F	A0.8F	A1.0F	A1.2F	A1.46F	A1.7F	A2.1F	A2.5F	A3.0F	A3.6F	A4.3F	A5.0F	A6.0F	A7.2F	A8.5F	A10F	A12F	A14F	A16F
散热面积/m^2		0.5	0.65	0.8	1.0	1.2	1.46	1.7	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.0	6.0	7.2	8.5	10	12	14	16
底部尺寸	A	345	470	595	440	565	690	460	610	760	540	665	815	540	690	865	575	700	875		
	K	90			104			120			140			170			230				
	h	5															6				
	E	40			45			50			55			60			65				
	F	140			160			180			210			250			320				
	ϕd_5	11			14												18				

（续）

型号		A0.5F	A0.65F	A0.8F	A1.0F	A1.2F	A1.46F	A1.7F	A2.1F	A2.5F	A3.0F	A3.6F	A4.3F	A5.0F	A6.0F	A7.2F	A8.5F	A10F	A12F	A14F	A16F
散热面积/m^2		0.5	0.65	0.8	1.0	1.2	1.46	1.7	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.0	6.0	7.2	8.5	10	12	14	16
筒部尺寸	ϕD_g	114			150			186			219			245			325				
	H	115			140			165			200			240			280				
	J	42			47			52			85			95			105				
	H_1	95			115			140			200			240			280				
	L	614	739	859	762	887	1012	846	996	1146	965	1090	1240	1022	1172	1347	1112	1237	1412		1547
	G	169			197			246			270			307			332				
	P	162			190			226			265			292			322				
	T	357	482	607	460	585	710	500	650	800	565	690	840	570	720	895	590	715	890		1038
法兰尺寸		椭圆法兰									圆形法兰										
油口	ϕd_1	25			32			40			50			65			80				
	ϕD_1	90			100			118			160			180			195				
	B_1	64			72			85			—										
	ϕD_3	65			75			90			125			145			160				
	ϕd_3	11						14			18						8×ϕ18				
水口	ϕd_2	20			25			32			40			50			65				
	ϕD_2	80			90			100			145			160			180				
	B_2	45			64			72			—										
	ϕD_4	55			65			75			110			125			145				
	ϕd_4	11									18										
重量/kg		30	33	36	47	51	54	60	70	76	110	119	130	145	161	176	215	231	250	260	270

$2LQF_1W$ 型

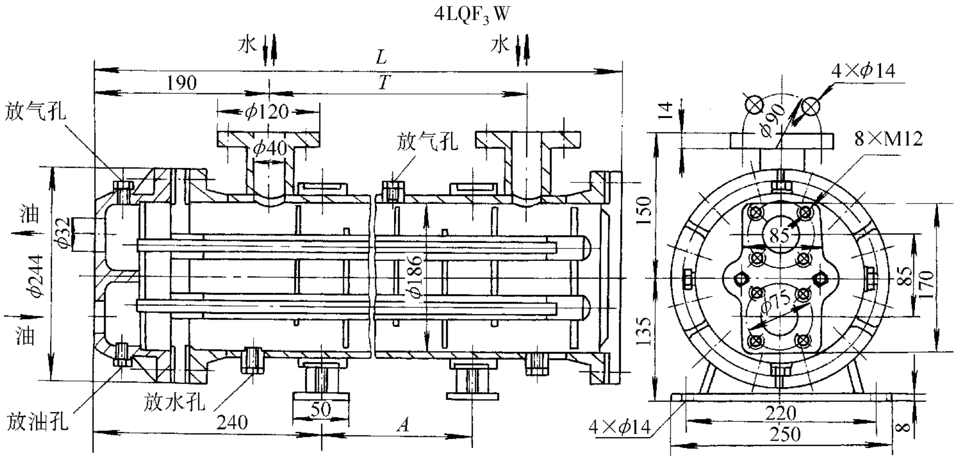


型号	10/19F	10/25F	10/29F	10/36F	10/45F	10/55F	10/68F	10/77F	10/100F	10/135F	10/176F	10/244F	10/290F
散热面积/m^2	19	25	29	36	45	55	68	77	100	135	176	244	290
ϕD_g	273	325	345	390	426	465	500	550	650	730	650	730	
C	360	415	445	495	550	600	655	705	805	905	805	908	
H_1	248	280	298	324	350	375	405	432	490	540	489	540	
H	190	216	268	292	305	330	348	380	432	482	435	485	
V	35		50			70			100				
U	60		85			100			125				
F	200	230	250	270	300	325	400		435	480	430	480	
d_5	4-16×22	4-16×32		4-19×32					4×ϕ22				

（续）

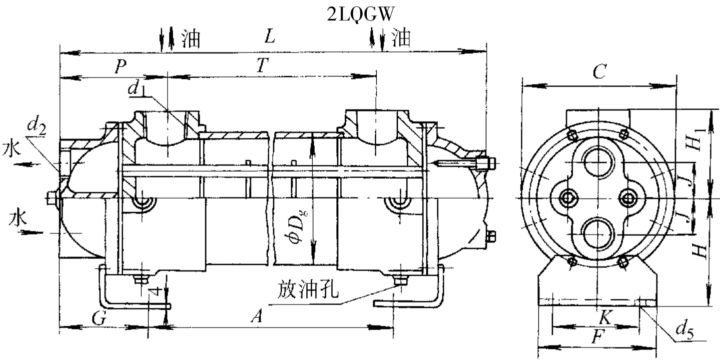
型号	10/19F	10/25F	10/29F	10/36F	10/45F	10/55F	10/68F	10/77F	10/100F	10/135F	10/176F	10/244F	10/290F
散热面积/m^2	19	25	29	36	45	55	68	77	100	135	176	244	290
h	10					14							
ϕd_1	150					200		250					
ϕD_1	280					335		405					
ϕD_3	240					295		355					
d_3	$8\times\phi23$					$12\times\phi23$		$12\times\phi25$					
ϕd_2	80		100		150				200				
ϕD_2	95		215		280				335				
ϕD_4	160		180		240				295				
d_4	$8\times\phi18$				$8\times\phi23$								
M	140	145	160	165	190	195	200	205	240	255	201	611	
P	290	292	310	320	345	385	390	395	458	475	381	404	
K	140	165	190	215	240	265	345		380	432	382	432	
T	2690			2680		2615	2600	2595	2525	2510	4705	4993	5905
L	3460	3470	3510	3520	3580	3630	3640	3655	2730	3770	5709	6022	1059
A	2690		2670	2640	2670	2590			2690	2620	4700	4800	5800
G	240		280	285	310	345	350	355	360	375	425	450	
重量/kg	430	551	624	811	912	1108	1362	1584	2267	3170	4170	5200	5900

$4LQF_3W$



型　　号	换热面积/m^2	L	T	A	重　量/kg	容　　积	
						管内/L	管间/L
$4LQF_3W$-A1. 3F	1. 3	490	205	≤105	49	4. 8	3. 8
$4LQF_3W$-A1. 7F	1. 7	575	290	≤190	53	5. 6	4. 8
$4LQF_3W$-A2. 1F	2. 1	675	390	≤290	59	6. 5	6
$4LQF_3W$-A2. 6F	2. 6	805	520	≤420	66	7. 7	7. 6
$4LQF_3W$-A3. 4F	3. 4	975	690	≤590	75	9. 3	9. 7
$4LQF_3W$-A4. 2F	4. 2	1175	890	≤790	86	11. 1	12. 1
$4LQF_3W$-A5. 3F	5. 3	1425	1140	≤1040	99	13. 4	15. 1

2LQGW



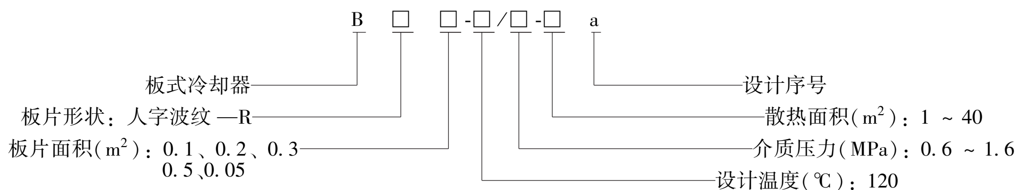
（续）

型号	A0.22L	A0.4L	A0.66L	A1.03L	A1.36L	A0.86L	A1.46L	A2.02L	A2.91L	A2.11L	A3.18L	A4.22L	A5.27L	A3.82L	A5.76L	A7.65L	A9.55L	A11.45L
ϕD_g	80					130				155				206				
C	106					165				190				250				
L	273	433	683	993	1293	470	720	1030	1330	731	1041	1341	1646	777	1087	1387	1692	1997
T	152	312	562	872	1172	287	537	847	1147	521	831	1131	1436	483	793	1093	1398	1703
P	65					94				109				154				
H_1	62					92				108				143				
G	45					76				96				135				
A	183	343	593	903	1203	323	573	883	1183	546	856	1156	1461	520	830	1130	1435	1740
H	65					89				105				137				
F	80					130				150				210				
K	60					106				125				180				
d_5	10×10					12×18								16×22				
d_2	M33×2(1in)					M48×2(1½in)				M64×3(2in)				M80×3(2½in)				
d_1	M33×2(1in)					M48×2(1½in)				M64×3(2in)				M100×3(3in)				
J	25					38				40				59				
散热面积/m^2	0.22	0.4	0.66	1.03	1.36	0.86	1.46	2.02	2.91	2.11	3.18	4.22	5.27	3.82	5.76	7.65	9.55	11.45
重量/kg	5.4	6.4	7.7	9.4	11.1	21	25	29.5	34		43	52	61	68	84	100	115	131

生产厂：营口液压机械厂、营口市船舶辅机厂、福建江南冷却器厂。

3.5　BR型板式冷却器

（1）型号说明



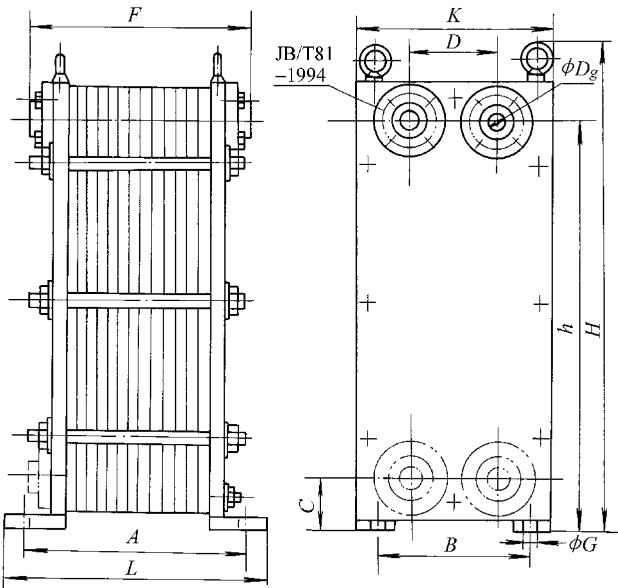
（2）技术规格（见表22.8-51）

表22.8-51　技术规格

<table>
<tr><th>散热面积/m²</th><th>介质压力/MPa</th><th>设计温度/℃</th><th>板片面积/m²</th><th>板片形状</th><th>散热面积/m²</th><th>介质压力/MPa</th><th>设计温度/℃</th><th>板片面积/m²</th><th>板片形状</th></tr>
<tr><td>1
2
3
5
7
10</td><td>1.6
1</td><td rowspan="2">120</td><td>0.1</td><td>人字形
波纹形</td><td>21
24</td><td>1.6</td><td rowspan="2">120</td><td>0.2</td><td rowspan="2">人字形</td></tr>
<tr><td>4
6
10
13
15
18</td><td>1.6</td><td>0.2</td><td>人字形</td><td>10
12
14
17
20
24
27
30
35
40</td><td>1.6
1
0.6</td><td>0.3</td></tr>
</table>

（3）外形尺寸（见表22.8-52）

表 22.8-52　外形尺寸　　(mm)

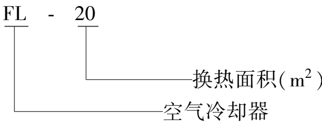


型　号	H	K	L	F	A	B	C	D	H	ϕG	ϕD_g	重量/kg
BR0.1-2	768.5	315	260	238	230	250	190.5	142	636.5	18	50	160
BR0.1-4	768.5	315	344	346	332	250	190.5	142	636.5	18	50	192
BR0.1-5	768.5	315	386	390	382	250	190.5	142	636.5	18	50	208
BR0.1-6	768.5	315	428	441	433	250	190.5	142	636.5	18	50	223
BR0.1-8	768.5	315	512	543	535	250	190.5	142	636.5	18	50	255
BR0.1-10	768.5	315	596	648	640	250	190.5	142	636.5	18	50	286
BR0.2-15	1143	400	692	692	542	335	180	190	960.5	18	65	568
BR0.2-20	1143	400	827	827	677	335	180	190	960.5	18	65	658
BR0.2-25	1143	400	952	952	802	335	180	190	960.5	18	65	742
BR0.2-30	1143	400	1087	1087	937	335	180	190	960.5	18	65	833
BR0.3-35	1386	480	932	952	772	400	183	218	1163	18	100	1205
BR0.3-40	1386	480	1014	1034	854	400	183	218	1163	18	100	1262

生产厂：营口市船舶辅机厂、四平四环冷却器厂。

3.6　FL 型空气冷却器

（1）型号说明



（2）技术参数

1）传热系数：≤55W/(m^2·℃)。

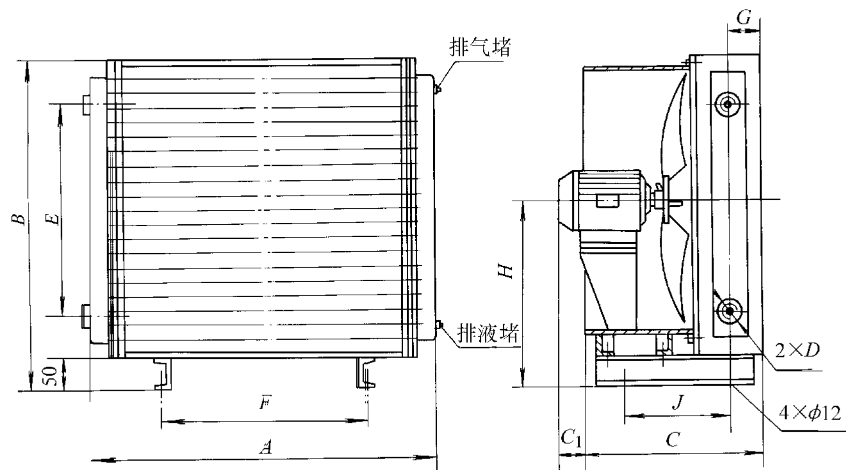
2）设计温度：100℃。

3）工作压力：1.6MPa。

4）压力降：≤0.1MPa。

（3）外形尺寸(见表 22.8-53)

表 22.8-53　外形尺寸　　（mm）



型号	A	B	C	D	E	F	H	C_1 (max)	G	J	风量 /$m^3 \cdot h^{-1}$	风机功率 /kW	重量 /kg
FL2	390	392	260	M22×1.5	240	242	225	95	61	170	805	0.05	46
FL3.15	340	414	260		286	245	225	95	67	170	935	0.05	49
FL4	375	440	260		310	245	225	95	67	170	1065	0.09	54
FL5	410	478	288	M27×2	310	295	260	97	67	208	1390	0.09	65
FL6.3	460	502	288		340	295	260	97	67	208	1610	0.09	71
FL8	480	530	318	M36×2	256	295	260	97	86	268	1830	0.09	92
FL10	550	596	318		415	345	290	69	89	268	2210	0.12	110
FL12.5	570	650	400		454	405	330	60	89	340	3340	0.25	131
FL16	670	650	400		454	405	330	60	89	340	3884	0.25	147
FL20	720	756	434	M42×2	575	500	390	35	90	374	6500	0.60	183

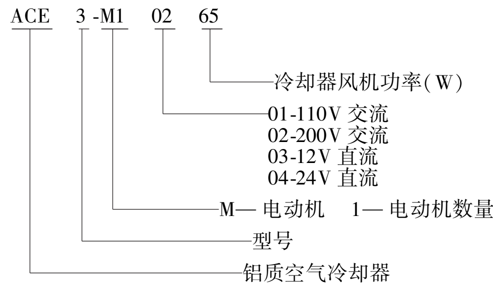
注：1. 重量栏不包括电动机重量。
2. 推荐流速 1～3m/s。
生产厂：营口液压机械厂、营口市船舶辅机厂。

3.7　ACE 型空气冷却器

（1）特点

油冷却器由铝材制成，最大工作压力 1.4MPa，体积小，重量轻，安装容易，维修简单。

（2）型号说明



（3）性能曲线（见图 22.8-14）

（4）外形尺寸（见表 22.8-54）

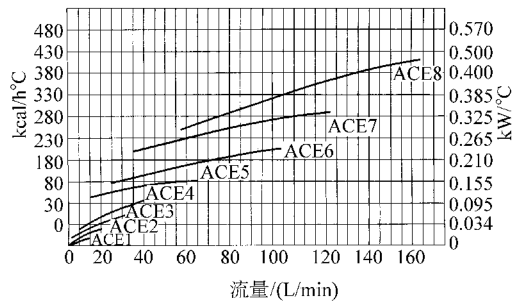
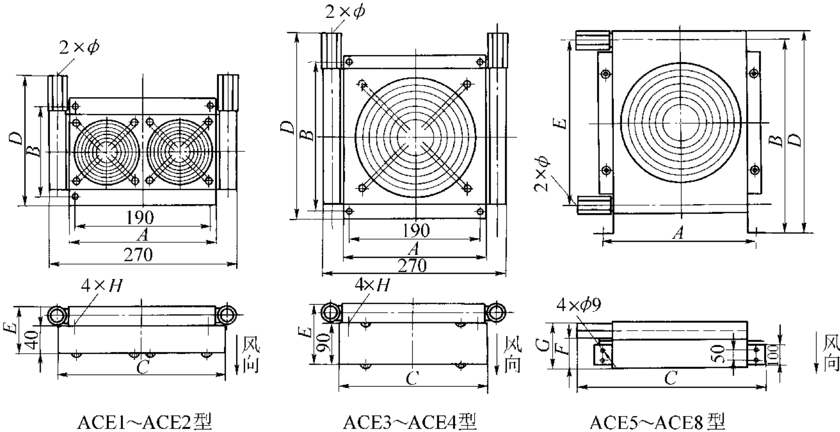


图 22.8-14　性能曲线

表 22.8-54　外形尺寸　（mm）

型号	ACE1-M2	ACE2-M2	ACE3-M1	ACE4-M1
A	208	208	208	208
B	128	162	261	261
C	208	260	240	240
D	184	217	295	316
E	67	75	115	115
H	ϕ66.5	ϕ6.5	ϕ6.5	ϕ6.5
ϕ	M18×1.5	M18×1.5	M18×1.5	M18×1.5 M22×1.5

型号	ACE5-M1	ACE6-M1	ACE7-M1	ACE8-M1
A	405	500	405	500
B	440	465	440	465
C	480	570	480	570
D	450	500	450	500
E	398	398	398	398
F	150	150	150	150
G	195	195	200	200
ϕ	M27×2 M33×2	M27×2 M33×2	M33×2	M33×2

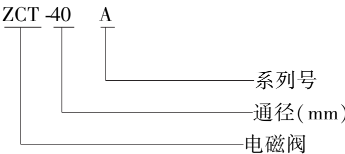


生产厂：南京翰坤机电科技有限公司。

3.8　ZCT 电磁水阀

电磁水阀是用来控制冷却器内介质的通或断的。通常采用常闭型电磁阀，即电磁铁通电时，阀门开启。

（1）型号说明



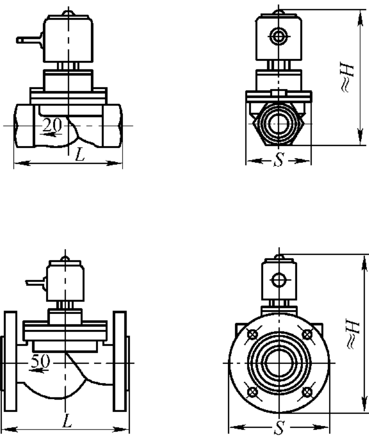
（2）技术规格（见表 22.8-55）

表 22.8-55　技术规格

型　　号	通径/mm	额定电压/V	工作介质	压力范围/MPa	介质温度/℃
ZCT-15A	15	AC：220、110、36、24 DC：220、24	油 水 空气	0.1～0.8 0.1～1.6	<65
ZCT-25A	25				
ZCT-40A	40				
ZCT-50A	50				
ZCT-80A	80				

（3）外形尺寸（见表 22.8-56）

表 22.8-56　外形尺寸　（mm）



型　　号	通径	*L*	*H*	*S*	连 接 方 式
ZCT-15A	15	100	130	75	G1/2
ZCT-25A	25	120	140	75	G1
ZCT-40A	40	150	160	85	G1½
ZCT-50A	50	200	210	140	法兰四孔 ϕ13ϕ110
ZCT-80A	80	250	260	185	法兰四孔 ϕ17ϕ150

生产厂：天津市电磁阀制造有限公司。

3.9　GL 型冷却水过滤器

（1）用途

GL 型(Y 型)过滤器(除污器)是用于冷却器冷却管道上的一种除垢产品，在工程安装时管内可能会有石块、砂子、机械杂物等进入，使管道和设备遭到堵塞和磨损性破坏，所以在水质不好的管道和设备前必须安装过滤器。

（2）型号及性能规范

螺纹式：GL11H-16C(P、R)；法兰式：GL41H-16C(P、R)。

（3）外形尺寸和连接尺寸(见表 22.8-57)

表 22.8-57　外形尺寸　（mm）

GL11H—16C(P、R) 螺纹式　　GL41H—16C(P、R) 法兰式

公称通径 *DN*	GL11H 尺寸		
	G	*L*	*H*
10	1/4	65	51
12	3/8	65	51
15	1/2	65	51
20	3/4	80	60
25	1	90	72
32	1¼	105	77
40	1½	120	87
50	2	140	103

公称通径 *DN*	GL41H 尺寸						
	L	*H*	*D*	D_1	D_2	*B*	$Z\times\phi d$
32	180	180	135	100	78	16	4×18
40	200	190	145	110	85	16	4×18
50	220	220	160	125	100	16	4×18
65	270	270	180	145	120	18	4×18
80	300	300	195	160	135	20	8×18
100	350	335	215	180	155	20	8×18
125	390	400	245	210	185	22	8×18
150	440	450	280	240	210	24	8×23
200	540	550	335	295	265	26	12×23
250	640	640	405	355	320	30	12×25
300	720	740	460	410	375	30	12×25
350	780	820	520	470	435	34	16×25
400	865	920	580	525	485	36	16×30
450	960	1050	640	585	545	40	20×30
500	1040	1200	705	650	608	44	20×34

生产厂：温州市蓝天阀门制造有限公司。

3.10　加热器

3.10.1　油的加热及加热器的发热能力

油液的加热可采用电加热或蒸汽加热等方式，为避免油液过热变质，一般加热管表面温度不允许超过 120℃，电加热管表面功率密度不应超过 3W/cm²。通常把加热器安装在油箱的下部稍微离开底面的地方，视油箱大小而设置 2～3 个加热器，让加热后热油上浮，冷油往下流，产生对流。加热器的表面耗散功率不能过大，应按液压系统通用技术条件(GB/T 3766—2001)的规定，不得超过 0.7W/cm²，否则将有烧焦油液的可能。

加热器的发热能力可按下式估算：

$$N=\frac{C_\rho V\Delta Q}{T}$$

式中　N——加热器发热能力(W)；

C——油的比热容，取 $C=1680\sim2094$J/(kg·℃)；

ρ——油的密度，取 $\rho=900$kg/m³；

V——油箱内油液体积(m³)；

ΔQ——油加热后温升(℃)；

T——加热时间(s)。

3.10.2　电加热器的计算

电加热器的功率：

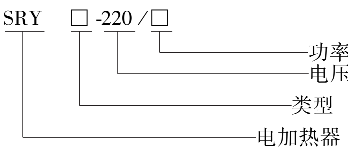
$$P=\frac{N}{\eta}$$

式中　η——热效率，取 $\eta=0.6\sim0.8$。

液压系统中装设电加热器后，可以较方便地实现液压系统油温的自动控制。

3.10.3　SRY 型加热器

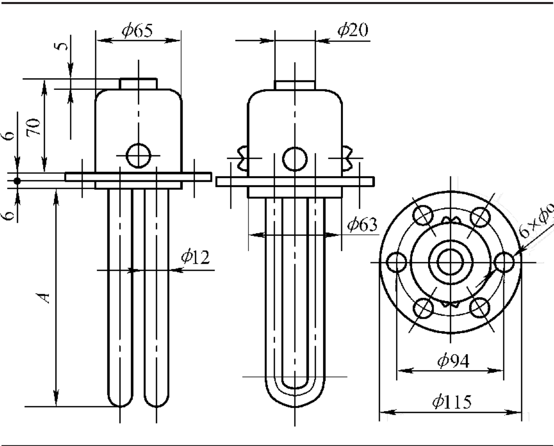
（1）型号说明



（2）技术规格及外形尺寸(见表 22.8-58)

表 22.8-58　SRY 型管状加热器技术规格及外形尺寸

（mm）



（续）

型号	功率 /kW	电压 /V	浸入油中长度 *A*	生产厂
SRY2-220/1	1	220	225	上海电热电器厂
SRY2-220/2	2		425	
SRY2-220/3	3		625	
SRY2-220/4	4		8.40	
SRY2-220/5	5		615	
SRY2-220/6	6		725	

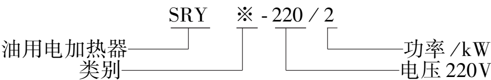
（续）

型号	功率 /kW	电压 /V	浸入油中长度 *A*	生产厂
SRY2-220/8	8	220	825	上海电热电器厂

注：加热器产品中型号 GYY2 系列与 SRY2 系列技术规格及外形尺寸相同，可互换。
生产厂：沈阳市电加热器厂。

3.10.4　SRY 型套筒式油用电加热器

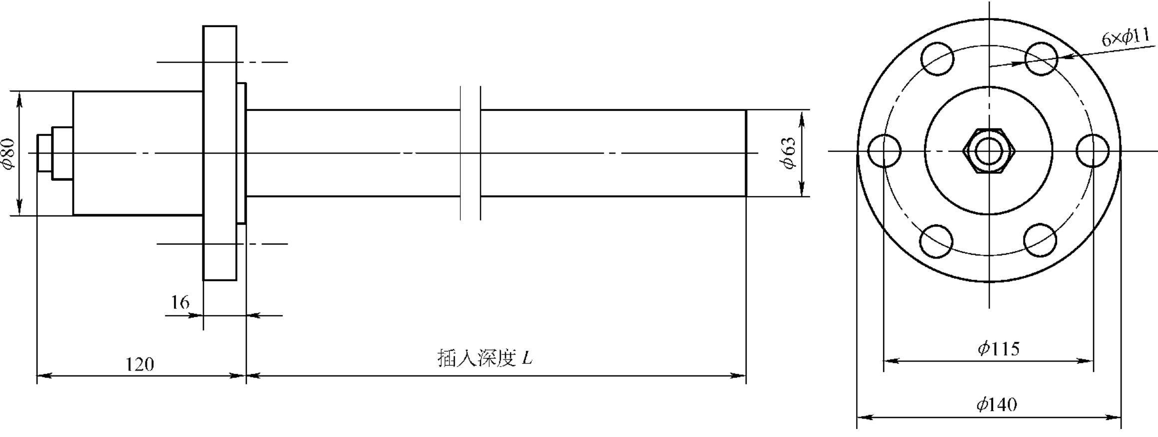
（1）型号说明



（2）技术规格及外形尺寸（见表 22.8-59）

表 22.8-59　SRY 型油用电加热器技术规格及外形尺寸

型　号	功率/kW	电源电压/V	插入油中深度 *L*/mm	生　产　厂
SRY2-220/1	1.0	220	470	辽阳华强仪表厂
SRY2-220/1.5	1.5	220	900	
SRY2-220/1.75	1.75	220	1240	
SRY4-220/1	1.0	220	225	
SRY4-220/2	2.0	220	425	
SRY4-220/4	4.0	220	840	
SRY4-220/5	5.0	220	615	
SRY4-220/6	6.0	220	725	

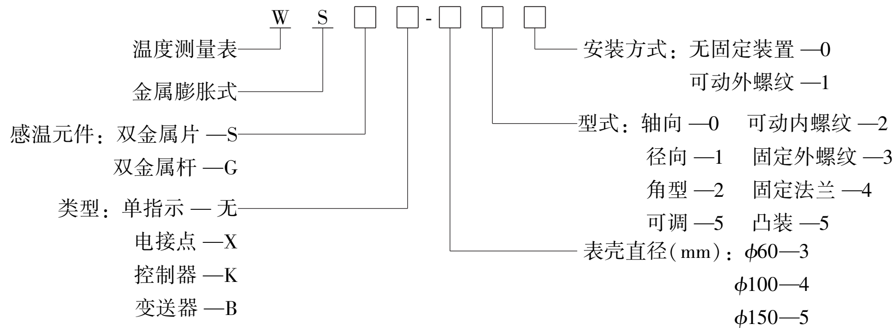


注：套筒式油用电加热器可有效防止油液焦化现象产生。
生产厂：辽阳市华强仪表制造有限公司。

4　温度仪表

4.1　WS ※型双金属温度计

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.8-60)

表 22.8-60　技术规格

型　号	表直径/mm	精度等级	测温范围/℃	分度值/℃	保护管直径 d/mm	插入长度 L/mm	安装螺纹/mm
轴向型	ϕ60	1.5	-80 ~ 40 -40 ~ 80	2 2	ϕ6 ϕ8	75 ~ 300 75 ~ 500	M16 × 1.5
轴向型 径向型 135°角型 可调角型	ϕ100 ϕ150		-40 ~ 160 0 ~ 100 0 ~ 150 0 ~ 200 0 ~ 300 0 ~ 400 0 ~ 500	5 2 2 5 5 5 10	ϕ8 ϕ10 ϕ12 ϕ16	75 ~ 500 75 ~ 1000 75 ~ 1000 75 ~ 2000	M27 × 2

（3）外形尺寸(见图 22.8-15)

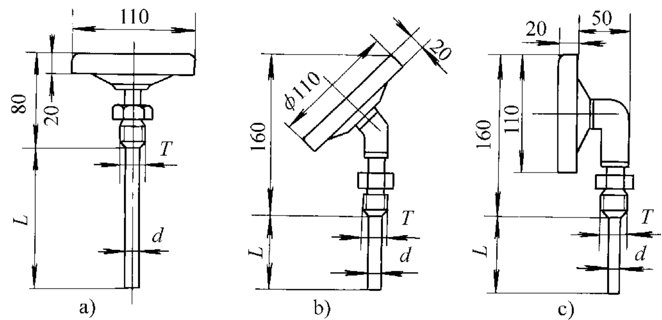


图 22.8-15　外形尺寸

a）轴向型　b）135°角型　c）径向型

生产厂：沈阳市测温仪表二厂、上海仪表公司。

4.2　WSJ-300 型数显温度继电器

WSJ-300 是一个紧凑的数显温度继电器，带数字显示。为适应各种应用场合分为两种类型。

带内置温度传感器 WSJ-300。量程为 -25 ~ 100℃。可直接安装在液压阀块上。

带分体温度传感器输出的 WSJ-300，显示范围 -30 ~ 150℃。与为油箱安装而专门研制的温度传感器 HQHJ100 共同使用，它也可与市场上常用的 PT100 共同使用。

带 1 个或 2 个开关量输出，可选择带附加模拟输出信号 4 ~ 20mA 的不同输出类型，使该继电器具有多种使用功能。切换点及相应的延滞可通过按键方便地调定。

为最佳地适应专门的应用场合，该装置具备许多附加调节功能(如切换延迟时间、输出的常开、常闭触点)。

(1) 型号说明

WSJ-3 X X-X-XXX

系列代号(制造商确定)

连接型式,机械式
2 = G1/2A 带内置式传感器的外螺纹
8 = 用于分体传感器的电气连接

连接型式,电气连接
4 = 4 芯粘合接头,M18
只适用于输出型式"2" 和"3"(无连接接头)
5 = 3 芯 + 接地接头,DIN43650
只适用于输出型式"1"(带连接接头 HQHJ01)
6 = 4 芯接头,M12 ×1
只适用于输出型式"1","2","3"(无连接接头)
8 = 5 芯接头,M12 ×1
只适用于输出型式"5"(无连接接头)

输出
1 = 1 路开关量输出
(仅限电气连接型式"5" 或"6")
2 = 2 路开关量输出
(仅限电气连接型式"4" 或"6")
3 = 1 路开关量输出和 1 路模拟量输出
(仅限电气连接型式"4" 或"6")
5 = 2 路开关量输出和 1 路模拟量输出
(仅限电气连接型式"8")

测量范围
100 = -25 ~ 100℃
只适用于带内置传感器型
150 = -30 ~ 150℃
只适用于带分体式传感器

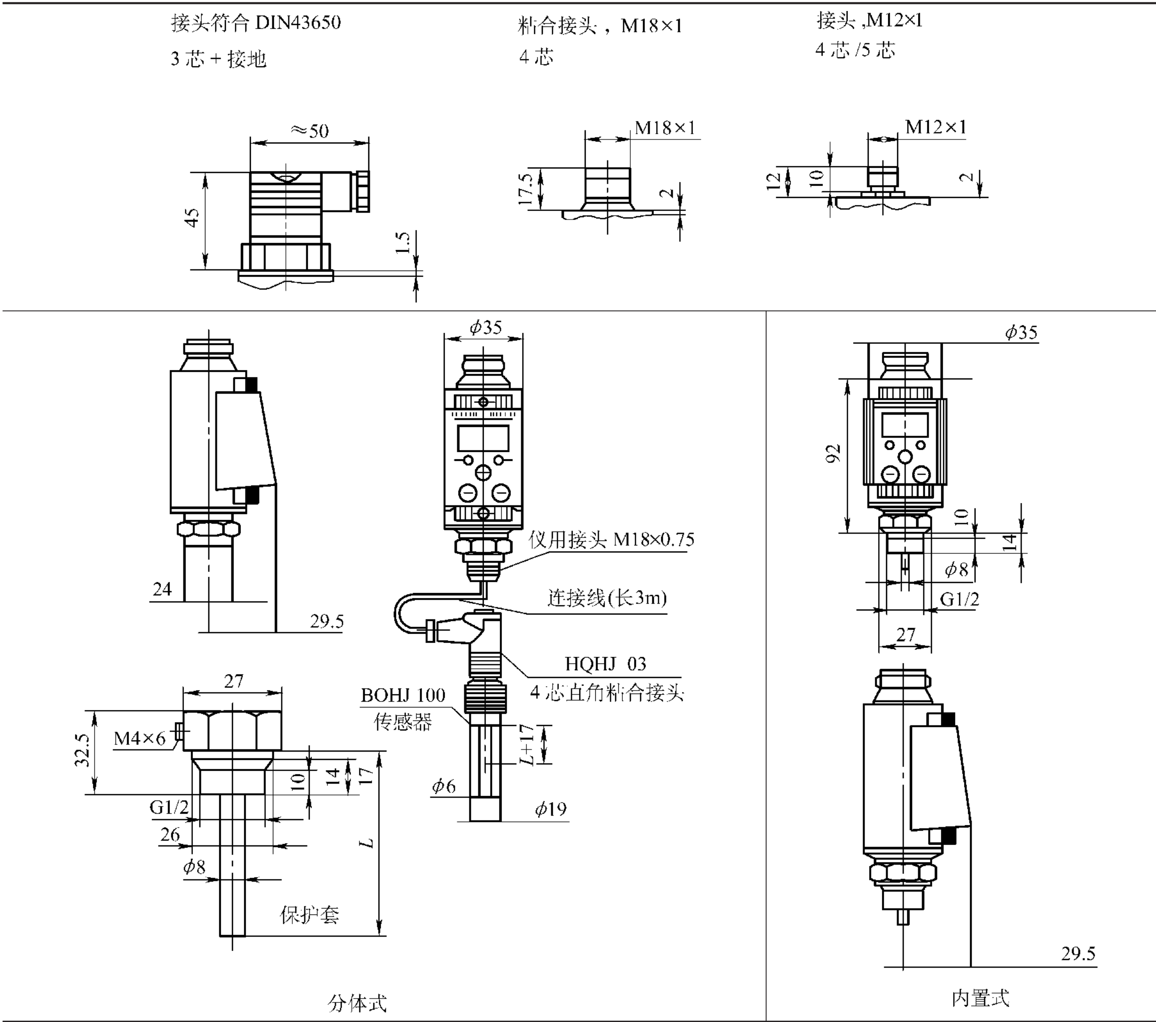
(2) 技术参数(见表 22.8-61)

表 22.8-61　技术参数

内置传感器的输入数据:	
量程/℃	-25 ~100
耐压	1MPa(最高可达 60MPa,需要特殊说明)
液压连接	G1/2
与介质接触的部件	不锈钢
分体式接触器的输入数据:	
显示范围/℃	-30 ~150
传感器连接	电缆保护套 M12 ×1,4 芯
输出数据:	
精度(显示,模拟量输出)/℃	≤ ±1.0
温度漂移	≤ ±0.15%/10℃(零点和增量)
响应时间/s	约 20
模拟量输出	4 ~ 20mA 负载电阻≤400Ω
开关量输出	
型式	PNP-晶体管输出
开关电流/A	最大 1.2
切换周期/万次	>100
环境条件:	
介质温度范围/℃	-25 ~100(内置传感器)
环境温度范围/℃	-25 ~80
存储温度范围/℃	-40 ~80
工作温度范围/℃	-40 ~70
耐振	约 10g/0 ~500Hz
耐冲击	约 50g/1ms
其他数据:	
供电	20 ~32VDC
电流消耗	约 100mA(无开关量输出)
安全等级	IP65
壳体材料	管子,不锈钢;键盘;PA6.6 Gf30
显示	3 位,7 段 LED 显示码,红色
重量/g	约 300
附件技术参数:	
温度传感器 HQHJ 100:	
介质温度范围(适用于 HQHJ 100)/℃	-40 ~125
电气连接	4 极粘合接头、5 极粘合接头(M18、M12)
安装 HQHJ100 的安全保护套管	
接触的部件	不锈钢

（3）外形尺寸(见表22.8-62)

表22.8-62 外形尺寸



（4）电气及操作说明(见表22.8-63)

表22.8-63 电气及操作说明

设定选择

WSJ-300提供的全部功能可通过两个易于操作的触摸按键设置。为防止对该装置不当的调整，可以对设定值锁定

切换点和延滞或窗口功能的切换值的设定范围

带内置式传感器的型式

量程/℃	切换点/℃	延滞/℃	增量/℃
-25..100	-23.5..100	-0.5..123	0.5

带分体传感器的型式

量程/℃	切换点/℃	延滞/℃	增量/℃
-30..150	-27..150	-1..178	1

设定值可在给定的范围内按增量调节

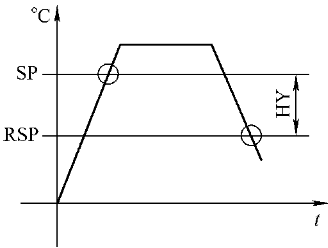
附加功能

- 切换输出的切换形式可调(切换点功能或窗口功能)
- 切换输出的切换状态可调(常开或常闭功能)
- 接通时延滞可在0.00~750s之间调整
- 切换回复时延滞可在0.00~750s之间调整
- 显示的选择(当前温度,切换点1,切换点2,峰值,黑屏显示)

切换点/切换回复

切换点被定义为温度设定值，当达到时(随着温度上升)导致切换输出的变化。这种输出状态被维持直到温度下降到低于对应该切换点的切换回复延滞。切换回复点，由预设的延滞所确定(切换点减去回复延滞即为回复点)

（续）



SP = 切换点

HY = 回复延滞

RSP = 回复点(切换点减去回复延滞)

RSP = SP − HY

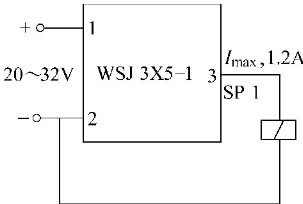
窗口功能

窗口功能就是使切换开关在某一范围内工作。对每一个切换开关可输入上、下切换值，从而确定一个工作范围。当温度进入此范围时，相应的切换开关动作，当温度超出此范围时切换开关复位

接线图

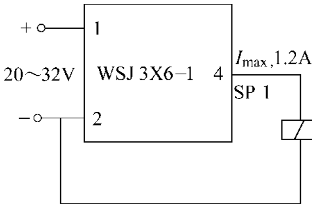
带1路开关量输出的型式

3芯+接地接头



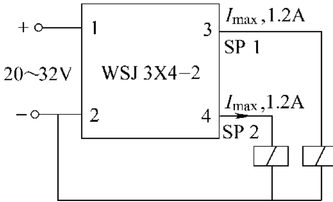
带1路开关量输出的型式

4芯接头，M12×1



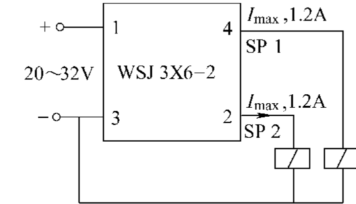
带2路开关量输出的型式

4芯粘合接头，M18



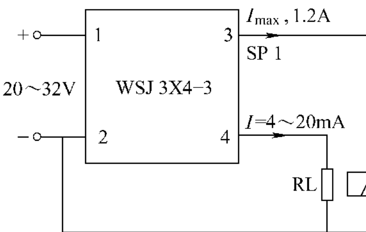
带2路开关量输出的型式

4芯接头，M12×1



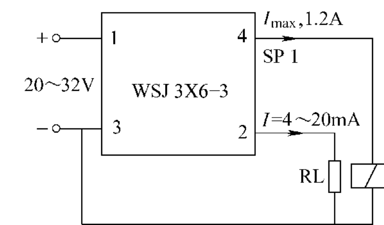
带1路开关量输出和1路模拟量输出的型式

4芯粘合接头，M18



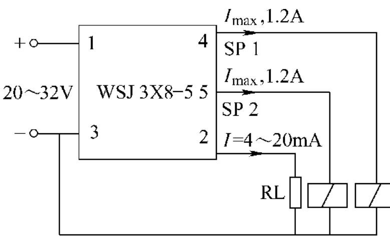
带1路开关量输出和1路模拟量输出的型式

4芯接头，M12×1



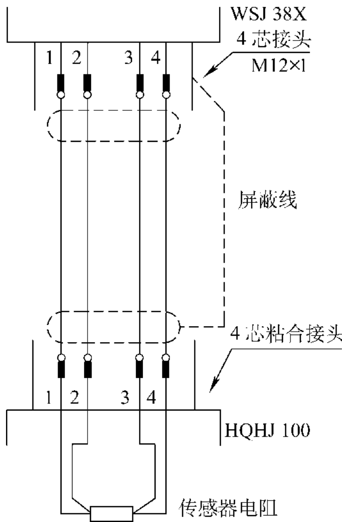
带2路开关量输出和1路模拟量输出的型式

5芯接头，M12×1



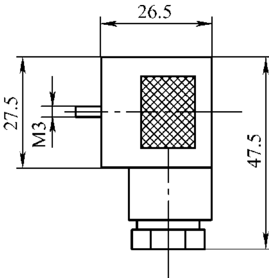
传感器连接

（带分体传感器的型式）



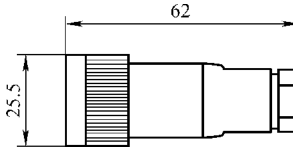
电气附件

HQHJ01 直角接头(3芯+接地)符合DIN43650/ISO 4400(随WSJ-3×5供货)



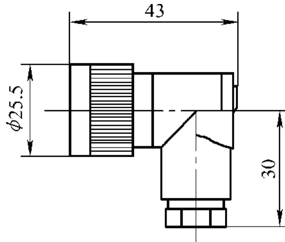
HQHJ02(WSJ-3×4用)

4芯直通粘合接头，M18×1



HQHJ03(WSJ-3×4用)

4芯直角粘合接头，M18×1



HQHJ06(WSJ-3×6用)

4芯直角粘合接头，M12×1

（续）

	HQHJ06-02(WSJ-3×6用) 4芯直角粘合接头，M12×1 带2m导线 HQHJ06-05(WSJ-3×6用) 4芯直角粘合接头，M12×1 带5m导线	颜色标志： Pin1: 褐色 Pin2: 白色 Pin3: 蓝色 Pin4: 黑色

生产厂：辽阳市华强仪表厂。

4.3　2000型温度开关

温度控制数字显示，1个或2个开关输出或者1个开关输出加上1个4～20mA模拟输出，精度等级为满标度的0.5%。

（1）特点

7段LED显示，微处理器控制，带有错误显示的自诊断，显示屏可以在330°内旋转，符合DESI NA@标准(参见www. desina. de)，使用小键盘配置全部参数，防篡改保护，小键盘可锁定，坚固的结构，抗振动和冲击，有长期稳定性。

（2）量程

0～100℃(32～212℉)；－30～150℃(－22～302℉)。

（3）应用

液压和气动(例如压力机)系统，润滑监测，机器工业，汽车工业，机床，注塑机。

（4）技术数据

传感元件	：PT100元件(B级)
材料：	
接触介质零件	：不锈钢1.4435(ST 316L)
密封	：FKM(氟橡胶)
耐压压力	：60MPa(8700psi)
操作元件	：3个易响应按钮
防护等级	：IP65
压力连接	：G1/4外螺纹，1/4″NPT
尺寸(外壳)	：36mm×130mm(不包括电插头)，安装后旋转外壳可调节开关
重量	：17mm传感器长度大约200g
测量范围	：0～100℃，－30～150℃
线性误差	：在25℃时满刻度的±0.5%
时间常数	：大约40s
A/D转换器	
分辨率	：10位(每个测量量程1024级)
扫描速率	：100/s(对峰值存贮器)
电气连接	：插头M12×1，4个针脚，DESINA®一致性
传感器长度	：17mm，50mm，300mm
传感器直径	：6mm
可重复性	：满刻度的±0.1%
温度范围：	
介质	：－30～150℃
电子器件	：－10～70℃
贮藏	：－30～80℃
电源	：15～28VDC
数字显示	：3位LED显示，7段，高度10mm，红色
显示范围	：99～999
显示速率	：20/s
显示单位	：℉(℃)-可调
误差显示	：LED黄色及字母数字显示(诊断功能依照DESINA@)
功率消耗	：大约50mA(无负载)
模拟输出	
电流输出	：4～20mA
负载	：最大 $R1$ =(Ub－12V)/20mA 在24V DC时 $R1$ =600Ω
负载影响	：0.3%/100Ω
扫描速率	：5ms
输出电压	：0～10V DC(可选)

（续）

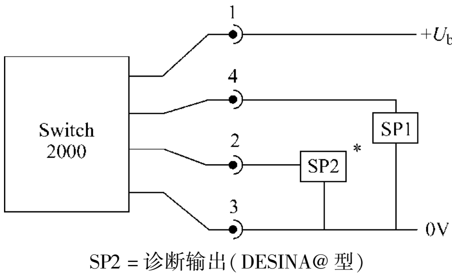
额定值	最大10mA，防短路设计
调节范围	：满刻度的25%～100%
开关量输出	
开关功能 （可调节）	：常开/常闭 标准/窗口模式
调节范围	：满刻度的0%～125%
滞后	：满刻度的0%～125%
诊断功能	：SP2（DESINA@型）
开关频率	：最大100Hz
触点额定值	：最大400mA，防短路设计
延迟	：0.0～9.9s可调节
状态显示	：对于激活的开关点，LED为红色

（5）尺寸图（见图22.8-16）

（6）电气接线（见表22.8-64）

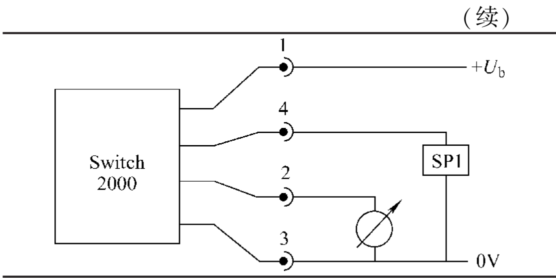
表22.8-64　电气接线

插头M12×1，4脚	带有1个开关输出的型式	带有2个开关输出的型式（DESINA@型）	带有1个开关输出和1个模拟输出的型式
脚1	+U_b（12～32V DC）	+U_b（12～32V DC）	+U_b（12～32V DC）
脚2		SP2（0.5A最大）	模拟
脚3	0V	0V	0V
脚4	SP1（0.5A最大）	SP1（0.5A最大）	SP1（0.5A最大）



SP2＝诊断输出（DESINA@型）

（续）



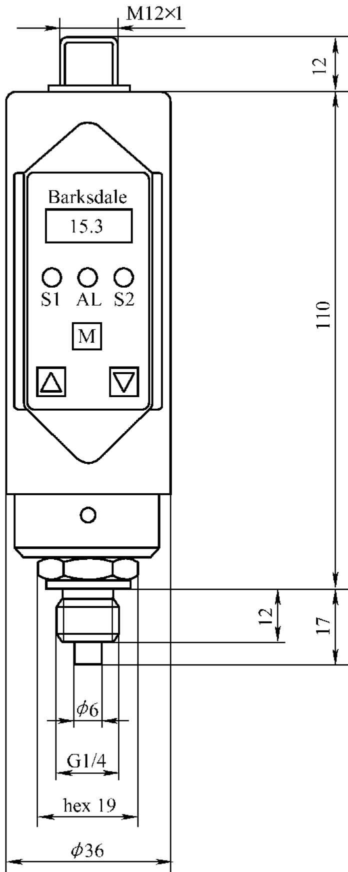


图22.8-16　外形尺寸

（7）订购号（见表22.8-65）

表22.8-65　订购号

量程/℃	0～100	－30～150	0～100	－30～150	0～100	－30～150
量程/°F	0～212	－22～302	0～212	－22～302	0～212	－22～302
敏感元件长度	17mm（0.67in）		50mm（1.97in）		300mm（11.82in）	
1个开关输出	0628-011	0628-012	0628-013	0628-014	0628-023	0628-024
2个开关输出	0628-015	0628-016	0628-017	0628-018	0628-025	0628-026
1个开关输出 1个4～20mA模拟输出	0628-096	0628-097	0628-098	0628-099	0628-100	0628-101
DESINAp 1个开关输出 1个诊断输出	0628-019	0628-020	0628-021	0628-022	0628-027	0628-028

（8）附件(见表 22.8-66)

表 22.8-66　附件

订购号	名　　称
907.0357	电气插头，M12×1，4 脚，带有螺钉端子，直角型
907.0344	电气插头，M12×1，4 脚，带有螺钉端子，直通型

生产厂：巴士德公司(德国)。

4.4　机械式温度开关 T15 系列

（1）原理、结构

T15 系列采用双金属片原理，当温度达到设定值时，绕制成环性弯曲状的双金属片一端受热膨胀触发内置机械装置，开关动作。

（2）特点

T15 与介质接触部分全部采用黄铜材料，接口螺纹有 G1/4、G3/8、M22×1.5 三种可供选择，温度范围：30～120℃。

（3）应用

T15 系列温度开关可满足液压、润滑、传动系统中对于温度控制的不同要求，用于检测温度是否超过最高限或最低限。

（4）技术参数

测量范围：　固定开关点 30～120℃
最大压力：　1MPa
介质温度：　最大 130℃
输出：　常开/常闭可选触点镀银
触点容量：　容量 16A-220VAC
固定迟滞：　最大 15℃(>80℃)
防护等级：　IP65

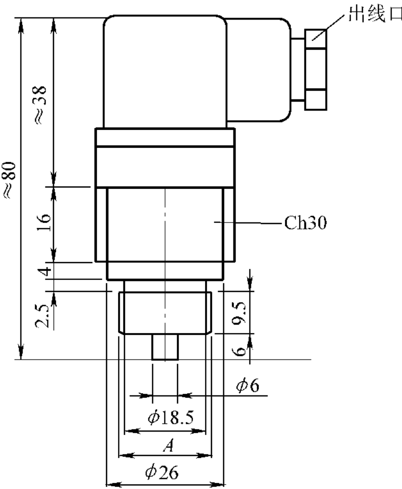


图 22.8-17　外形尺寸

接线方式：　端子接线
触液部分材料：　黄铜
外壳材料：　黑色 NBR

（5）外形尺寸(见图 22.8-17)

（6）型号说明

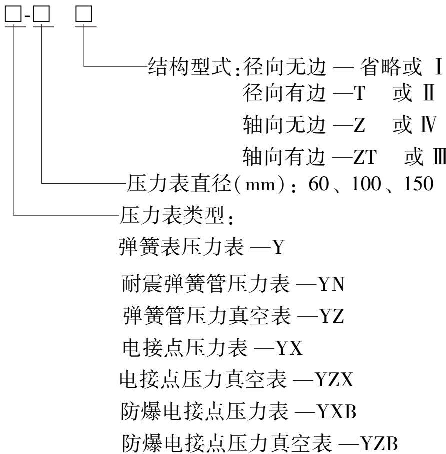
T15-	030	G14	O	详述
T15-				固定开关点
	030			30℃ ±5℃
	040			40℃ ±5℃
	050			50℃ ±5℃
	060			60℃ ±5℃
	070			70℃ ±5℃
	080			80℃ ±5℃
	090			90℃ ±5℃
	100			100℃ ±5℃
	105			105℃ ±5℃
	120			120℃ ±5℃
		G14		接口螺纹 G1/4″
		G38		接口螺纹 G3/8″
		M22		接口螺纹 M22
			O	输出：常开
			C	输出：常闭

生产厂：上海百纳控制工程技术有限公司。

5　压力仪表

5.1　Y 系列压力表

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.8-67)

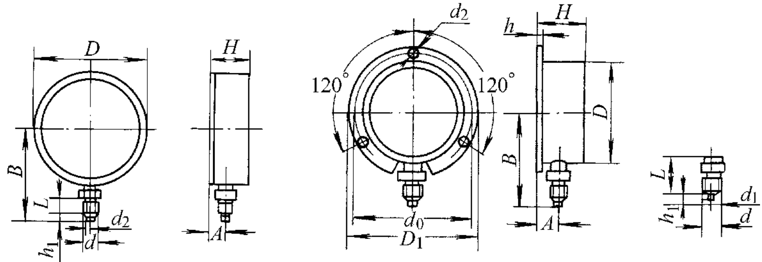
（3）外形尺寸(见表 22.8-68)

表 22.8-67　技术规格

种　类	型　号	测量范围/MPa
弹簧管压力表	Y-60，Y-100，Y-150，Y-200	0~0.1，0~0.16，0~0.25，0~0.4，0~0.6，0~1，0~1.6，0~2.5，0~4，0~6，0~10，0~16，0~25，0~40，0~60
耐振压力表	YN-60，YN-100，YN-150	
电接点压力表	YX-100，YX-150	
弹簧管压力真空表	YZ-60，YZ-100，YZ-150，YZ-200	-0.1~0.06，-0.1~0.15，-0.1~0.3，-0.1~0.5，-0.1~0.9，-0.1~1.5，-0.1~2.4

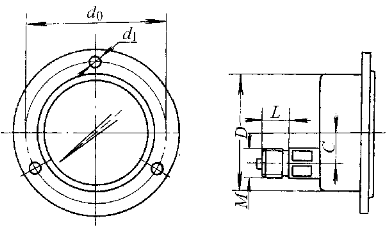
表 22.8-68　外形尺寸　（mm）

Y-＊＊，YN-＊＊，YZ-＊＊



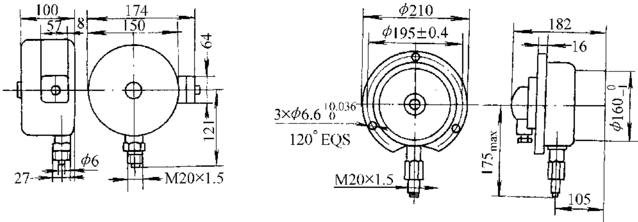
表直径	D	D_1	d_0	A	B	H	h	h_1	L	d	d_1	d_2
60	$\phi60$	—	—	14	59.5	37	—	3	14	M14×1.5	$\phi5$	—
100	$\phi100$	$\phi130$	$\phi118$	20	93	48	6	5	20	M20×1.5	$\phi6$	3×$\phi5.5$
150	$\phi150$	$\phi180$	$\phi165$	20	121	51	6	5	20	M20×1.5	$\phi6$	3×$\phi5.5$
YN60	$\phi64$	—	—	11	57	30	2	2	14	M14×1.5	$\phi5$	—
YN100	$\phi105$	120×120	95×95	16.5	98.5	44.5	3	4	20	M20×1.5	$\phi6$	4×$\phi6$
YN150	$\phi156$	$\phi175$	$\phi162$	20	122	50	3	4	20	M20×1.5	$\phi6$	3×$\phi6.5$

Y-＊＊ZT



压力表直径 ϕ	D	d_0	d_1	C	L	M
60	60	72	4.5	0	14	M14×1.5
100	100	118	5.5	32	20	M20×1.5
150	150	165	5.5	53	20	M20×1.5

YX-＊＊、YZX-＊＊、YXB-＊＊



生产厂：沈阳仪表厂。

5.2　YTXG 型磁感式电接点压力表

YTXG 型磁感式电接点压力表适用于测量无爆炸危险的非结晶和凝固的、无腐蚀的液体、气体、蒸汽等介质的压力，磁敏式传感器开关装置，具有指针系统不带电、输出容量大、动作稳定可靠、使用寿命长等特点。其性能优于电接点压力表和磁助式电接点压力表。

（1）技术规格及参数(见表 22.8-69)

表 22.8-69　技术规格及参数

型　号	标度/MPa	最小控制范围/MPa	指示精确度	控制精确度
YTXG-100	0～6	0.50		
	0～10	0.80	1.0	2
	0～16	1.5		
	0～25	2.0		
	0～40	3.0	1.5	2
	0～60	5.0		
YTXG-150	0～6	0.40		
	0～10	0.6	1.0	
	0～16	0.7		
	0～25	1.75		2
	0～40	2.5	1.5	
	0～60	4.0		

（2）电气参数及电气接线(见表 22.8-70)

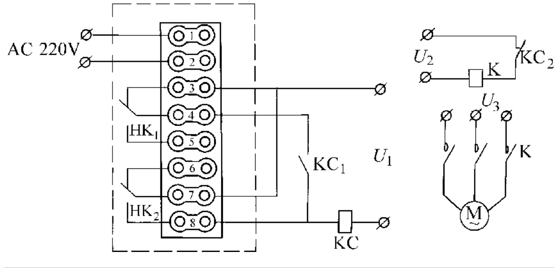
表 22.8-70　电气参数

1）仪表的输入电源电压为 AC220V50Hz。

2）仪表的两个磁敏开关(HK_1 和 HK_2)各输出一组转换触点，触点容量如下表所示

触点电压	DC125Vmax	AC250Vmax
触点电流	DC28V10A	AC220V5A
触点功率	280Wmax	1200VAmax

3）仪表的接线端子与被控线路之间的连接



注：1. 虚线框内系仪表内部接线示意图。

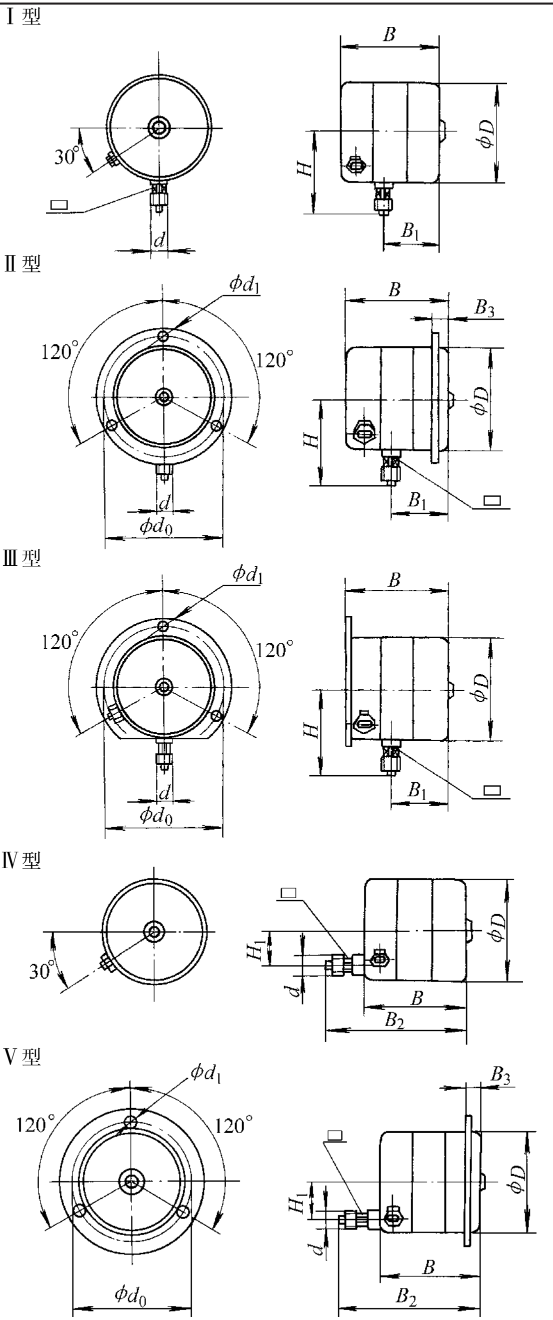
2. U_1、U_2、U_3 电压值依控制对象定。

3. 仪表按图连接时，能将被控(被测)压力保持在预先设定的范围内，达到自动控制目的。

（3）外形尺寸(见表 22.8-71)

该仪表安装形式共 5 种：Ⅰ型；Ⅱ型；Ⅲ型；Ⅳ型；Ⅴ型。

表 23.8-71　外形尺寸　(mm)



型号	φD	B	B_1	B_2	H	H_1	$φd_0$	d	d_1	B_3
YTXG-100	100	98	46		92		118	M20×1.5	6	8
YTXG-150	150	120	49	160	121	55	165	M20×1.5	6	10
YTXG-200	200	120	53	160	142	65	215	M20×1.5	6	13

生产厂：宜昌仪表公司、上海自动化仪表股份有限公司。

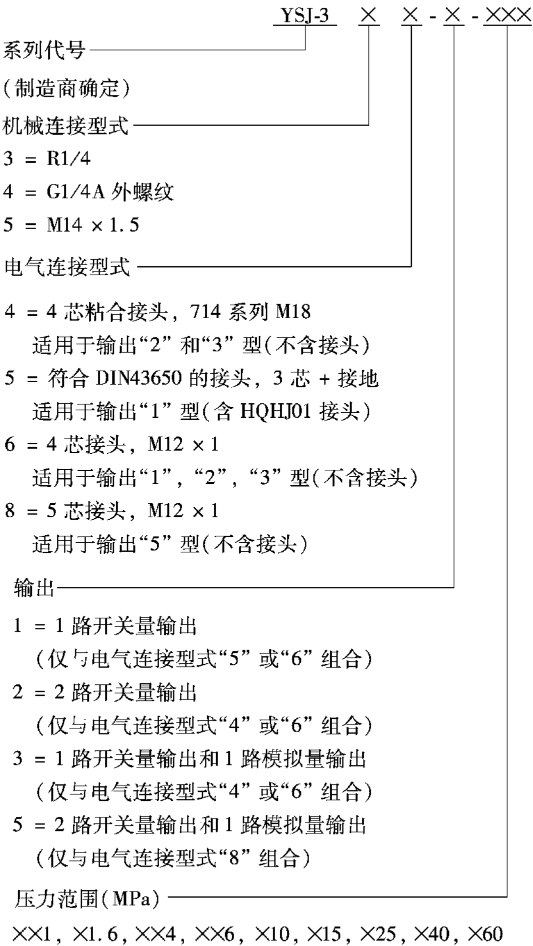
5.3 YSJ-300型数显压力继电器

YSJ-300是一个紧凑的电子压力继电器，带数字显示。根据不同型号分带一个或两个开关量输出；带一个或两个开关量输出和一个模拟量信号输出。该压力继电器可以适应最现代的控制理念。

切换点以及相应的延滞可以通过触摸式按键调定。为了最佳地适应专门的应用场合，该装置具备了许多附加调节功能。如切换延滞时间，输出N/O或N/C功能等。

YSJ-300主要应用于液压气动系统中压力监控和指示，以及需要高频切换或切换精度高而机械压力继电器无法胜任的场合。该装置是蓄能器打压、卸荷控制或泵和压缩机理想的控制元件。

（1）型号说明



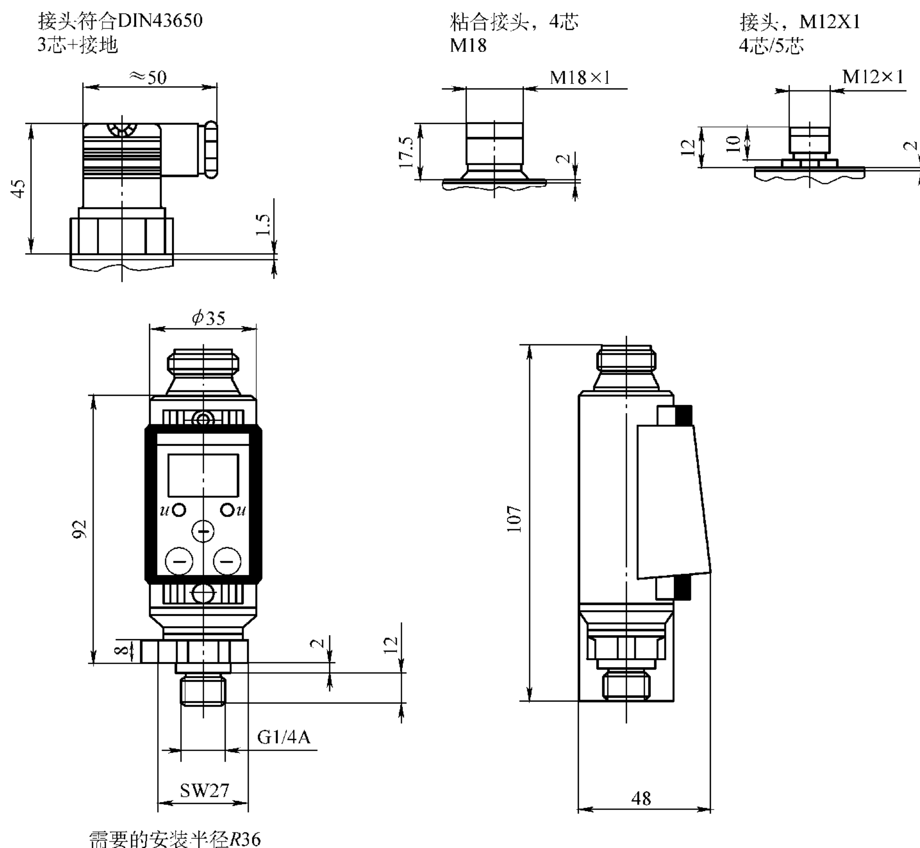
（2）技术参数(见表22.8-72)

（3）外形尺寸(见表22.8-73)

表22.8-72 技术参数

输入数据：	
量程/MPa	1，1.6，4，6，10，16，25，40，60
过载压力/MPa	1.2倍公称压力
输出数据：	
精度(显示,模拟量输出)	≤±1%FS
重复精度	≤±5%FS
温度漂移	≤±0.3%/10℃零点 ≤±0.3%/10℃范围
模拟量输出：	
信号	4～20mA，电阻≤400Ω
切换输出：	
类型	PNP-晶体管输出
切换电流	最大1.2A
切换次数	>100万次
响应时间	约100mA
环境条件：	
介质温度范围	-25～80℃
环境温度范围	-25～80℃
存储温度范围	-40～80℃
工作温度范围	-40～70℃
耐振	约10g/0～500Hz
耐冲击	约50g/1ms
其他数据：	
供电	20～32VDC
电流消耗	约100Ma(无开关量输出)
防护等级	IP65
电气连接件	DIN43650接头(3芯+接地) 4极、5极粘合接头(M18、M12)
液压连接	符合DIN3852
接触介质的部件	不锈钢，氟橡胶密封
外壳材料	管道，不锈钢
显示	键盘壳体：PA606 Gf30 3位，7段LED显示码，红色，字高9.2mm
重量	约500g

表 22.8-73 外形尺寸



（4）电气及操作(见表22.8-74)

表 22.8-74 电气及操作

设定选择

全部功能设置可通过2个易于操作的触摸按键进行。为防止对该装置进行不当的操作，可以对设定值进行锁定

切换点/回复延滞的设定范围

量程 /MPa	切换点 /MPa	延滞 /MPa	增量 /MPa
1	0.03～1	0.01～0.98	0.01
1.6	0.03～1.6	0.02～1.58	0.01
4	0.06～4	0.02～3.96	0.02
6	0.09～6	0.03～5.94	0.03
10	0.15～10	0.05～9.90	0.05
16	0.24～16	0.08～15.8	0.08
25	0.3～25	0.10～24.8	0.10
40	0.6～40	0.2～39.6	0.20
60	1.5～60	0.5～59	0.50

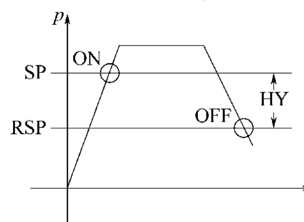
＊设定值可在给定的范围内按增量调节

附加功能

- 切换输出的切换方向可调(常开或常闭功能)
- 接通延滞可在0.00～2.5s之间调整
- 切换回复延滞可在0.00～2.5s之间调整
- 显示的选择(当前压力,切换点1,切换点2,黑屏显示)
- 事后零位校正可以在±3%全量程范围内进行

切换点/切换回复点

切换点定义为压力设定值，当达到该压力值时(随着压力上升)切换输出状态即改变。这种输出状态被维持直到压力下降至低于对应该切换点的切换回复延滞值。切换回复点由设定的延滞所确定(切换点减去回复延滞即为回复点)



SP＝切换点

HY＝回复延滞

RSP＝回复点(切换点减去回复延滞)

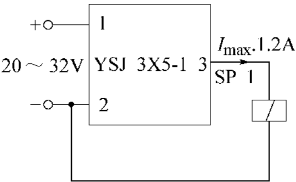
RSP＝SP－HY

电路图

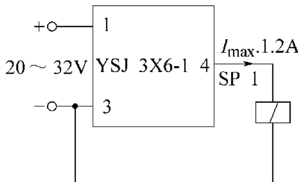
带1路开关量输出的型式符合

（续）

DIN43650 接头，3 芯 + 接地

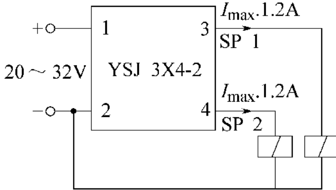


4 芯接头，M12 × 1

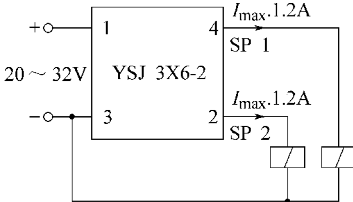


带 2 路开关量输出的型式

4 芯粘合接头，M18

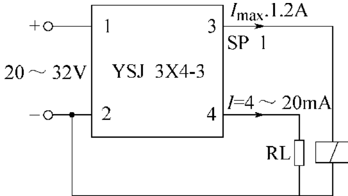


4 芯接头，M12 × 1

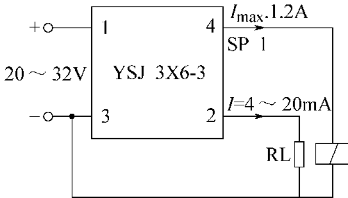


带 1 路开关量输出和 1 路模拟量输出的形式

4 芯粘合接头，M18

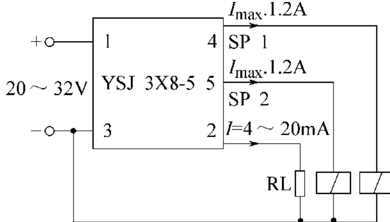


4 芯接头，M12 × 1



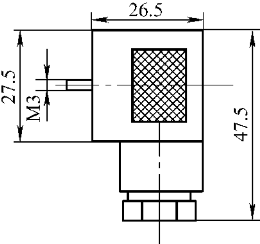
带 2 路开关量输出和 1 路模拟量输出的型式

5 芯接头，M12 × 1

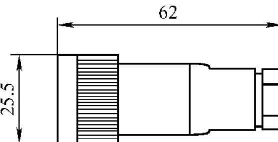


电器附件

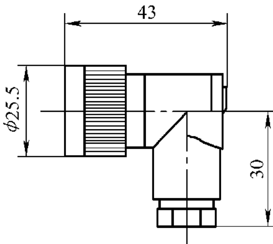
HQHJ01 直角接头（3 芯 + 接地）符合 DIN43650/ISO4400（随 YSJ-3 × 5 供货）



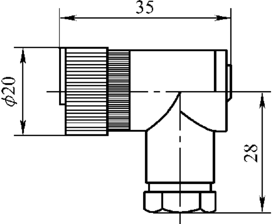
HQHJ02（YSJ3 × 4 用）4 芯直通粘合接头，M18 × 1



HQHJ03（YSJ-3 × 4 用）4 芯直角粘合接头，M18 × 1



HQHJ06（YSJ-3 × 6 用）4 芯直角粘合接头，M12 × 1



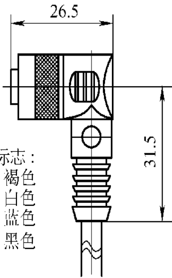
HQHJ06-02（YSJ-3 × 6 用）4 芯直角粘合接头，M12 × 1

带 2m 导线

HQHJ06-05（YSJ-3 × 6 用）

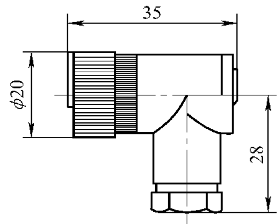
4 芯直角粘合接头，M12 × 1

带 5m 导线



HQHJ08（YSJ-3 × 8 用）

5 芯直角粘合接头，M12 × 1



HQHJ08-02（YSJ-3 × 8 用）

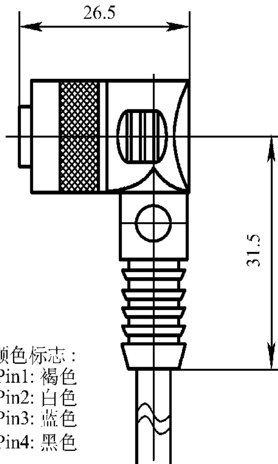
5 芯直角粘合接头，M12 × 1

带 2m 导线

HQHJ08-05（YSJ-3 × 8 用）

5 芯直角粘合接头，M12 × 1

带 5m 导线

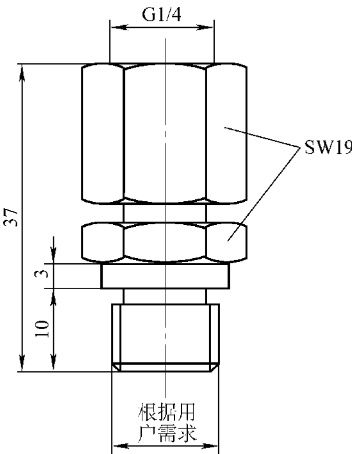


（续）

机械附件

HQHJ14 压力继电器用外螺纹万向接头

用于调整显示面板方向



密封：氟橡胶、丁腈橡胶

材质：铜或不锈钢

生产厂：辽阳市华强仪表厂。

5.4　压力开关 P11 系列

（1）原理结构

内置活塞与精密弹簧相连当压力变化时，弹簧伸缩量发生相应变化，当压力达到设定值时，会触发预设的机械结构并发出开关信号。

（2）特点

结构紧凑，测量范围广(0～40MPa)，高重复性，迟滞可调，接点镀银。可用于水、油、气体压力的测量。

（3）通用技术参数

测量范围：详见表 22.8-75

迟滞：　详见表 22.8-75

输出：　常开＋常闭(SPDT)触点镀银

触点容量：250VAC，0.5A

介质温度：－10～90℃(140℃备选)

防护等级：IP65

接线方式：端子接线

外壳材料：黑色 NBR

（4）外形尺寸(见图 22.8-18)

（5）接线图(见图 22.8-19)

（6）技术参数(见表 22.8-75)

表 22.8-75　技术参数

接口材质	型　　号	最大允许压力/MPa	设定范围/MPa	误差/MPa	可 调 迟 滞	重量/kg
铜	P11-002M	8	0.02～0.2	±0.02	10%～30%设定值	0.1
	P11-010M	8	0.1～1	±0.04	10%～30%设定值	
钢	P11-050S	30	1～5	±0.2	10%～30%设定值	0.1
	P11-100S	30	1～10	±0.3	10%～30%设定值	
	P11-150S	30	3～15	±0.5	10%～30%设定僮	
	P11-300S	60	5～30	±1.5	10%～30%设定值	
不锈钢	P11-050k	15	1～5	±0.2	10%～30%设定僮	0.1
	P11-100k	15	1～10	±0.3	10%～30%设定值	
	P11-150k	25	3～15	±0.5	10%～30%设定值	
	P11-300k	40	5～30	±1.5	10%～30%设定值	

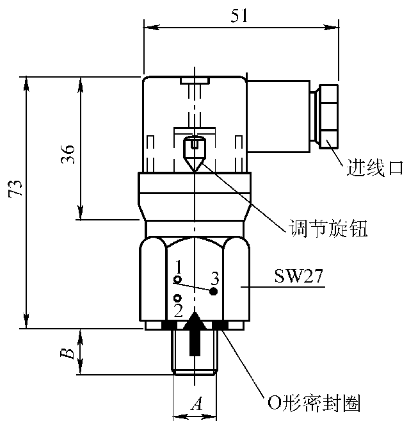


图 22. 8-18　外形尺寸

注：B 尺寸会因接口尺寸 A 不同而略有变化。

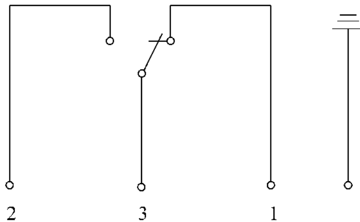


图 22. 8-19　接线图

（7）安装示意(见图 22. 8-20)

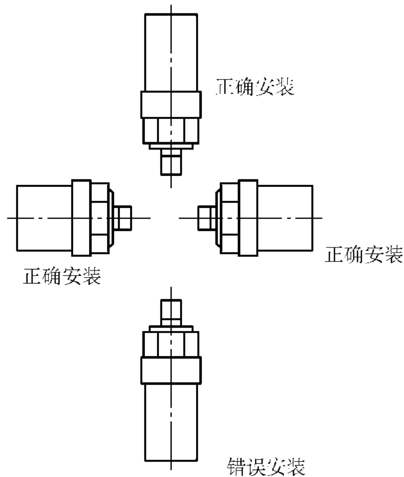


图 22. 8-20　安装示意

（8）适用介质(见图 22. 8-21)

（9）型号说明

P11-	002	M	G18	H	详　述
P11-					P11 系列活塞式压力开关
	002				测量范围：0. 2 ~ 2bar（1bar = 10^5 Pa）

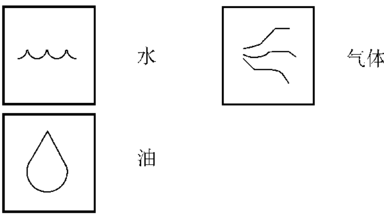


图 22. 8-21　适用介质

010				测量范围：1 ~ 10bar
050				测量范围：10 ~ 50bar
100				测量范围：10 ~ 100bar
150				测量范围：30 ~ 150bar
300				测量范围：50 ~ 300bar
	M			黄铜材质（仅限于 1MPa 以下系列）
	S			钢(仅限于 1MPa 以上系列)
	K			不锈钢(仅限于 1MPa 以上系列)
		G18		接口螺纹 A：G1/8 锥螺纹　B：10mm
		M12		接口螺纹 A：M12 × 1. 5 圆柱螺纹　B：12mm
		G14		接口螺纹 A：G1/4 圆柱螺纹　B：12mm
			H	接口螺纹 外螺纹

生产厂：上海百纳控制工程技术有限公司。

（10）订货提示

选型完毕后，请再次核对以下信息，以防选型错误!

1）型号各项是否与您所需一致。

2）量程是否正确。

3）输出信号的种类和数量是否正确。

4）是否有可选项、附件漏选。

5. 5　电子式数显压力开关 PE80 系列

（1）原理，结构

PE80 电子式压力传感器采用陶瓷或薄膜技术，确保了传感器的高精度和耐用性。带有现场显示，LED 数字显示现场压力或设定菜单。

（2）特点

最大测量范围：－1 ~ 60MPa，数字 LED 显示压力值及开关状态，菜单设定开关点，模拟量起始、终止点、输出功能、存储功能和显示功能，所有设定无需在现场完成。具有高可靠性，输出可直接用于 PLC。M12 锁紧型接插件，拆接方便，防护等级高。

可测量正压或负压。由于既具有开关量输出，又具有模拟量输出，所以该传感器既可被用作压力开关又可被用作压力变送器。显示外壳可在270°范围内自由旋转，充分满足可视要求。

（3）应用

气液两用型，适用于泵控制、储罐监测、液位控制、过滤器堵塞、监控、泄漏监控，也可广泛用于液压和气动场合，如机械设备和过程控制。

（4）技术参数

量程：　详见表22.8-76

过载能力：详见表22.8-76

开关输出：设定范围　0.5%～100%量程

准确度　0.5%量程

开关数量　1或2个可选

输出功能PNP：NPN常开或常闭可设定

额定电流　≤300mA

响应时间　≤30ms

模拟输出：输出类型　4～20mA模拟量输出

负载　≤500Ω

准确度　0.5%量程

重复性：　0.5%量程

显示：　红色9mmLED，范围－999～9999

电源：　15～30V DC

电气保护：反极，过载，短路保护

环境温度：－20～80℃

介质温度：－30～100℃

储藏温度：－40～100℃

温度影响：＜±0.03%FS/K

防护等级：IP67

过程连接：不锈钢＋NBR密封

外壳材料：锌合金

电气连接：M12×1　4芯接插件

M12×1　5芯接插件(用于1模拟量＋2开关量型)

（5）连接图(见图22.8-22)

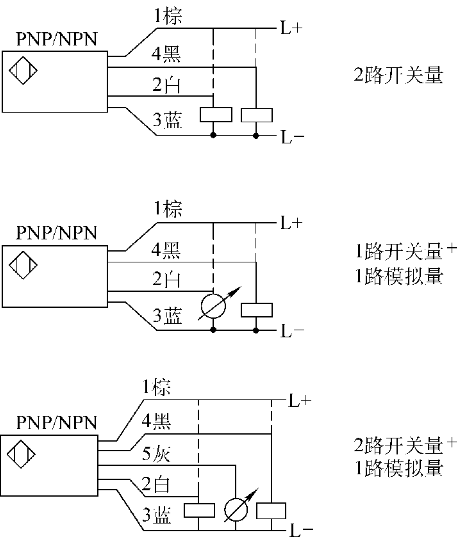


图22.8-22　连接图

（6）技术参数(见表22.8-76)

表22.8-76　技术参数

可调范围/MPa	过载压力/MPa	损坏压力/MPa	介质温度/℃	测 量 元 件
－0.1～0.1	0.5	0.6	－20～85	陶瓷元件＋NBR密封
－0.1～0.2	1	1.2	－20～85	陶瓷元件＋NBR密封
－0.1～0.5	2	2.5	－20～85	陶瓷元件＋NBR密封
－0.1～1	2	2.5	－20～85	陶瓷元件＋NBR密封
0～0.1	0.5	0.6	－20～85	陶瓷元件＋NBR密封
0～1	2	2.5	－20～85	陶瓷元件＋NBR密封
0～2.5	5	25	－30～100	不锈钢薄膜元件
0～6	12	55	－30～100	不锈钢薄膜元件
0～10	20	80	－30～100	不锈钢薄膜元件
0～16	32	100	－30～100	不锈钢薄膜元件
0～25	50	120	－30～100	不锈钢薄膜元件
0～40	80	170	－30～100	不锈钢薄膜元件
0～60	120	240	－30～100	不锈钢薄膜元件

注：以上参数是将开关垂直安装于水平管路，以20℃水为介质测试得出的。

（7）迟滞功能（见图 22.8-23）

PE80 系列产品中的迟滞值可通过菜单设定，其输出可用来控制泵入泵出，且只需一个输出点。在高点 SP 关泵（开泵），在低点 rP 开泵（关泵）。如图 22.8-23 所示，以常闭型（N.C）为例，灰色带为迟滞值，即 SP—rP。当压力上升时，只有压力值大于 SP，开关点才断开；而当压力值下降时，只有压力值小 rP，开关点才闭合。

（8）窗口功能（见图 22.8-24）

PE80 系列产品中的窗口功能可用于监控特定的区间，其输出可用来完成高低点报警等工作，且只需一个输出点。如图 22.8-24 所示，以常闭型（N.C）为例，灰色带为窗口值，即 SP—rP。当压力值处于窗口之间时，开关点才断开；而当压力值超出该区间时，开关点闭合。

（9）外形尺寸（见图 22.8-25）

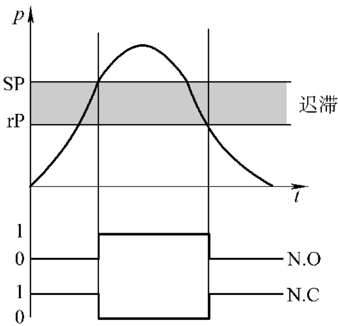


图 22.8-23 迟滞功能示意图

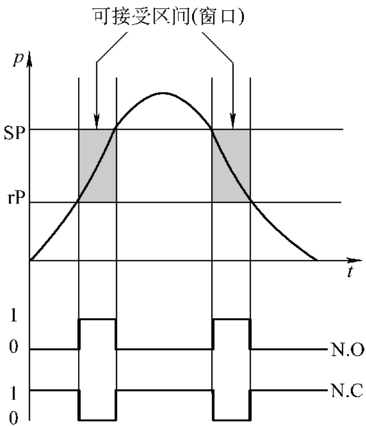


图 22.8-24 窗口功能示意图

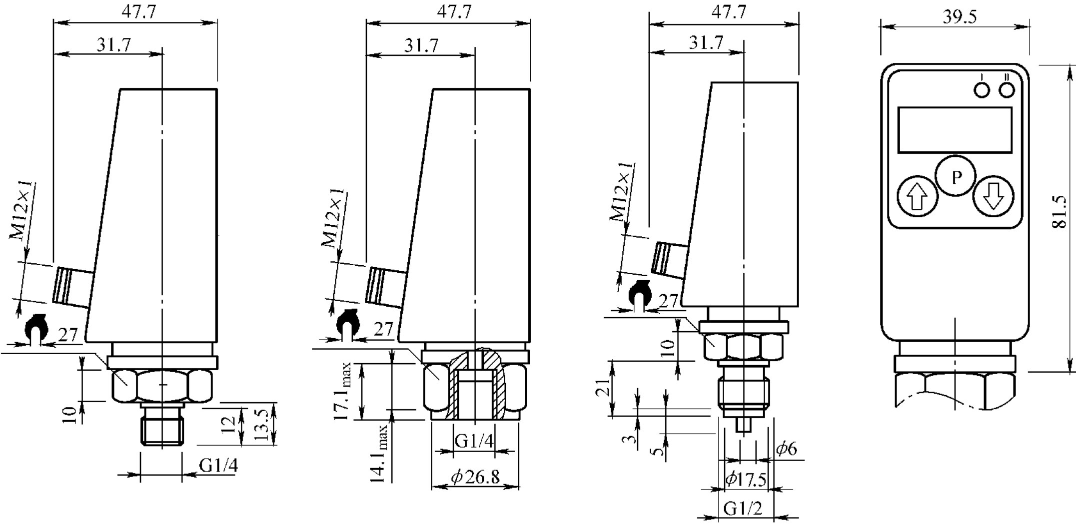


图 22.8-25 外形尺寸

（10）型号说明

PE80	—	P	001	G14	H	2A	Q	详　述
PE80								PE80 系列电子式数显压力传感器
		P						正压型
		N						负压型
			001					设定范围：－1～1bar 或 0～1bar（1bar = 10^5Pa）
			002					设定范围：－1～2bar 或 0～2bar
			005					设定范围：－1～5bar 或 0～5bar

代码	说明
010	设定范围：0～10bar
025	设定范围：0～25bar
060	设定范围：0～60bar
100	设定范围：0～100bar
160	设定范围：0～160bar
250	设定范围：0～250bar
400	设定范围：0～400bar
600	设定范围：0～600bar
G14	接口螺纹 G1/4
G12	接口螺纹 G1/2
H	接口螺纹 外螺纹
1S	1 个开关量输出
2S	2 个开关量输出
1A	1 模拟量输出
2A	1 开关量 +1 模拟量输出
3A	2 开关量 +1 模拟量输出
Q	M12×1 接插件

注：特殊过程连接或电气连接方式可按要求定制。

(11) 选配附件

用于 2 个开关量或 1 开关量 +1 模拟量：

ST04- PU 02 F G　　详　述

代码	详述
ET04-	M12，附线接插件
ST04-	自接线式 M12，附线接插件
PU	PUR 材质
02	2m 长
05	5m 长
10	10m 长
F	母插头
G	直型
W	弯型

用于 2 个开关量或 1 开关量 +1 模拟量：

ST05- PU 02 F G　　详　述

代码	详述
ET05-	M12 五芯附线接插件
ST05-	自接线式 M12 附线接插件
PU	PUR 材质
02	2m 长
05	5m 长
10	10m 长
F	母插头
G	直型
W	弯型

注：生产厂：上海百纳控制工程技术有限公司。

5.6 压力表开关

压力表开关是专为测量压力、保护、更换压力表而设置的。

5.6.1 KF 型压力表开关

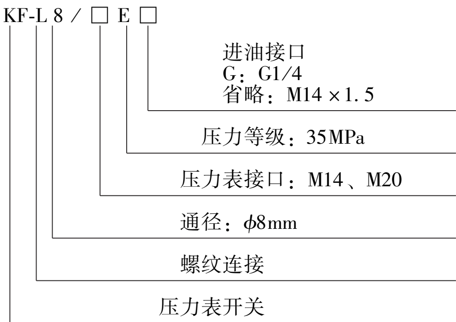
(1) 型号说明

KF-L 8 / □ E □

- 进油接口　G：G1/4　省略：M14×1.5
- 压力等级：35MPa
- 压力表接口：M14、M20
- 通径：ϕ8mm
- 螺纹连接
- 压力表开关

(2) 技术参数及外形尺寸(见表 22.8-77)

表 22.8-77　技术参数及外形尺寸



型　号	通径/mm	压力/MPa	压力表接口螺纹 M	进油口接口螺纹 m
KF-L8/14E	8	35	M14×1.5	M14×1.5 (G1/4)
KF-L8/20E			M20×1.5	

生产厂：沈阳液压件制造有限公司。

5.6.2 AF6E 型压力表开关

（1）型号说明（见表 22.8-78）

（2）技术参数（见表 22.8-79）

（3）外形连接尺寸（见图 22.8-26）

表 22.8-78 型号说明

A	F	6	E		30/				*

- A：截止阀
- F：弹簧复位
- 6：通径 6
- E：单阀
- 管式连接 =A；板式连接 =P
- 30 系列 =30（30 至 39 = 安装和连接尺寸保持不变）
- X = 不带附件；Y = 带附件（连接件，两个密封圈和压力表）
- 63 = 指示范围到 6.3MPa；100 = 指示范围到 10.0MPa；160 = 指示范围到 16.0MPa；250 = 指示范围到 25.0MPa；400 = 指示范围到 40.0MPa
- 无标志 = 矿物质液压油；V = 磷酸酯液压油
- *：附加说明

表 22.8-79 技术参数

液压介质	矿物质液压油，磷酸酯液
介质温度范围/℃	-20～70
介质粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$	2.8～380
工作压力/MPa	至 31.5
压力表指示范围/MPa	0.63，10.0，16.0，25.0 和 40.0（指示范围应超过最大工作压力约 30%）

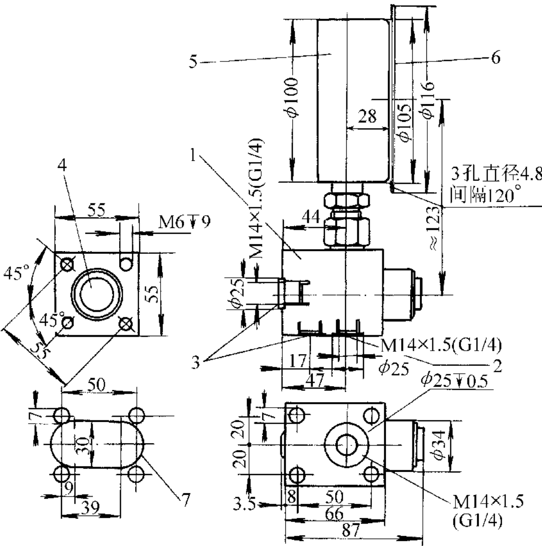


图 22.8-26 外形连接尺寸

1—压力表开关 2—压力油口 3—回油口可任选 4—按钮 5—Y-100 型压力表 6—固定板 7—底板安装开口

生产厂：沈阳液压件制造有限公司。

5.6.3　MS 型六点压力表开关

（1）型号说明(见表 22.8-80)

（2）技术参数(见表 22.8-81)

（3）外形尺寸

1）管式连接见图 22.8-27。

2）板式连接见图 22.8-28。

表 22.8-80　型号说明

MS | 20 / | | | | *

- 2 = 带内装压力表(6 个测试口)
- A— 螺纹连接
- P— 板式连接
- 20 = 20 系列(20 ~ 29 安装和连接尺寸不变)
- 25 = 最大有效量程 2.5MPa
- 60 = 最大有效量程 6MPa
- 100 = 最大有效量程 10MPa
- 160 = 最大有效量程 16MPa
- 250 = 最大有效量程 25MPa
- 400 = 最大有效量程 40MPa
- 无标志 = 矿物质液压油
- V = 磷酸酯液压油
- 无标志 = 圆柱管螺纹
- 5 = 锥管螺纹
- 2 = 米制螺纹（只限于螺纹连接）
- 附加说明

表 22.8-81　技术参数

型式	MS2	图形符号	
最高允许工作压力/MPa	31.5		1 2 3 T 4 5 6
回油口最高允许背压/MPa	1		
压力表螺纹管接头	G1/4 Z1/4 M14×1.5		

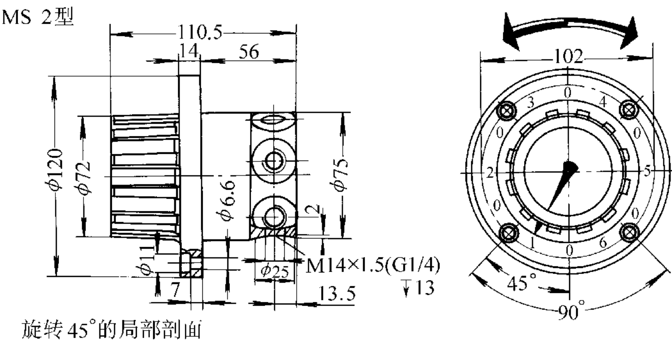


图 22.8-27　管式连接图

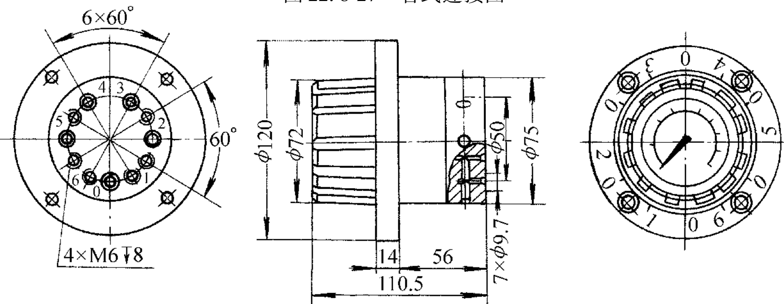


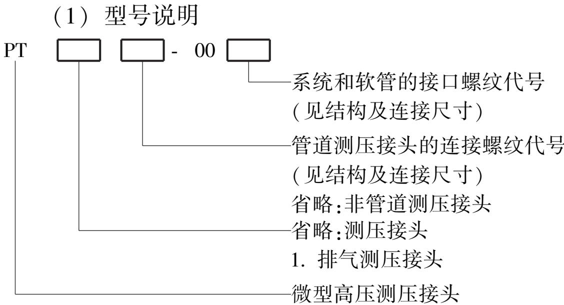
图 22.8-28　板式连接图

5.7 测压、排气接头及测压软管

在液压控制系统中检测系统压力和排除系统中的空气，是保证系统能正常工作必不可少的环节。

5.7.1 PT型测压排气接头

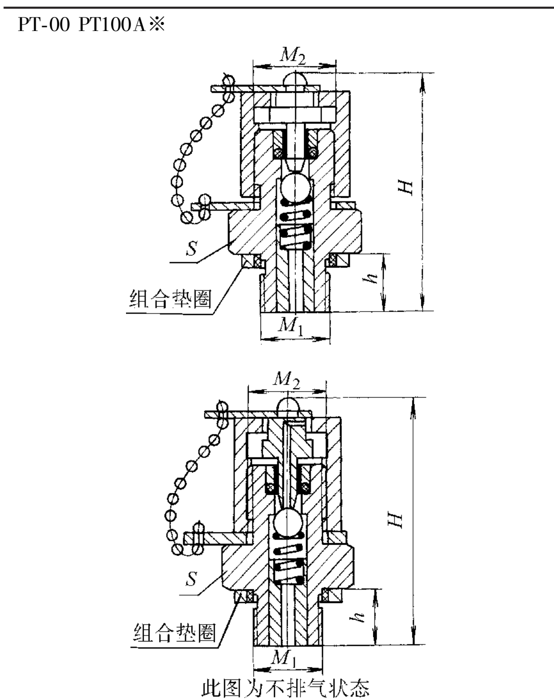
（1）型号说明



（2）规格及外形尺寸（见表22.8-82）

表22.8-82 规格及外形尺寸 （mm）

PT-00 PT100A※



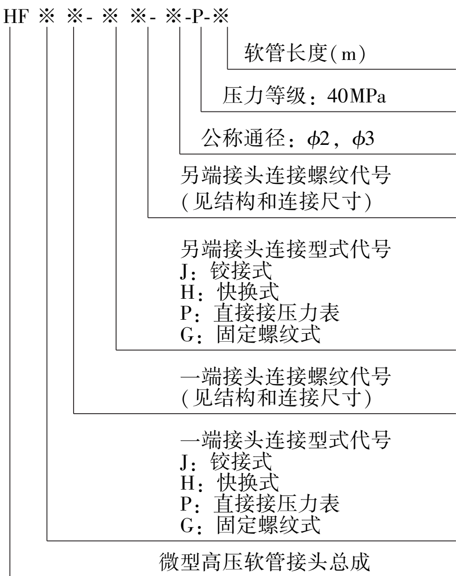
此图为不排气状态

代号		M_1	M_2	h	H	S
PT PT_1	-00	M10×1	M12×1.25	12	33	17
PT	$-00A_1$	M10×1	M16	12	42	19
PT_1	$-00A_2$	M14×1.5	M16	12	46	19

注：额定工作压力：40MPa。
生产厂：黎明液压机械有限公司。

5.7.2 HF型测压软管

（1）型号说明

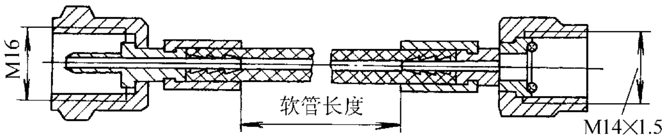


（2）技术参数

公称通径：3.0mm
最大动态压力：40MPa
适用温度：－70～260℃
软管通径：2.9mm
最大静态压力：64MPa
化学性能：耐酸性溶剂
软管外径：6.0mm
最小爆破压力：160MPa
环境适用性：耐臭氧和紫外线无吸湿性
重量：23g/m
最小弯曲半径：30mm
安全系数：静载荷时为4，动载荷时为2.5

（3）外形尺寸（见表22.8-83）

表22.8-83 外形尺寸 （mm）



（续）

连接型式	代号	*M*	*S*	*L*	*H*	*h*
J 铰接式	1	M10×1	17	32	28	8
	2	M14×1.5	19	41	30	12

连接型式	代号	*M*	*S*
H 快换式	1	M12×1.25	17
	2	M16	19
	3	M14×1.5	17
	4	M16×1.5	19

连接型式	代号	*M*	*L*	L_1	*S*
P 直接接 压力表式	1	M14×1.5	10	34	17
	2	M20×1.5	18	42	24
	3	G1/4	10	34	17

连接型式	代号	*M*	*L*	L_1	*S*
G 固定螺 纹式	1	M12×1.25	8	31	17
	2	M14×1.5	10	33	17
	3	M16×1.5	10	33	19

生产厂：上海液压件一厂、温州远东液压有限公司、奉化市中亚液压成套制造有限公司。

5.7.3　PTB 型测压装置

PTB 型系列微型高压测压装置由软管、接头和压力表组成，用来测试液压系统中各点压力和作为传导流体介质的管道；在常规的液压系统中要测试各压力点的压力，必须在各压力点处安装压力表和压力表开关；现在采用测压装置，各测压点只需安装测压接头，配套使用本系统测压装置，就可方便地测试各压力点的压力，省去了压力表和压力表开关，从而简化了管道；该测压装置具有结构先进，密封可靠，扣压牢固，体积小，重量轻，使用简单等特点，其连接型式多种，也可提供用户需要的其他连接型式。

（1）型号说明

（2）技术参数及连接尺寸(见表 22.8-84)

PTB - H※ / P※ - ※ - ※

- PTB：测压装置
- H※：接测压接头端螺纹尺寸
- P※：接压力表端螺纹尺寸
- ※：测量范围：6 = 0 ~ 6MPa；25 = 0 ~ 25MPa；40 = 0 ~ 40MPa
- ※：软管长度(mm)

表 22.8-84　技术参数及连接尺寸

型号	连接测压接头螺纹尺寸		连接压力表螺纹尺寸		压力表-压力范围	软管长度
PTB-H※/P※-※-※	$H1$	M12×1.5	$P1$	M14×1.5	6：0～6MPa 25：0～25MPa 40：0～40MPa	用户自行设定（300～15000mm）
			$P2$	M20×1.5		
			$P3$	G1/4″		
			$P4$	M30×1.5		
	$H2$	M16	$P1$	M14×1.5		
			$P2$	M20×1.5		
			$P3$	G1/4″		
			$P4$	M30×1.5		
	$H3$	M14×1.5	$P1$	M14×1.5		
			$P2$	M20×1.5		
			$P3$	G1/4″		
			$P4$	M30×1.5		
	$H4$	M16	$P1$	M14×1.5		
			$P2$	M20×1.5		
			$P3$	G1/4″		
			$P4$	M30×1.5		

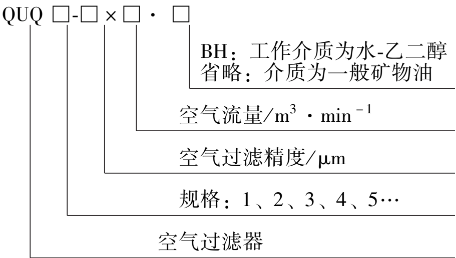
生产厂：温州黎明液压机电有限公司。

6　空气过滤器

液压油箱通常都是通大气的。为了在油箱液面上升与下降形成油箱呼吸的时候，不致使大气中的灰尘等吸入油箱，必须安装空气过滤器。空气过滤器结构简单、安装使用方便。

6.1　QUQ 型空气过滤器

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.8-85)

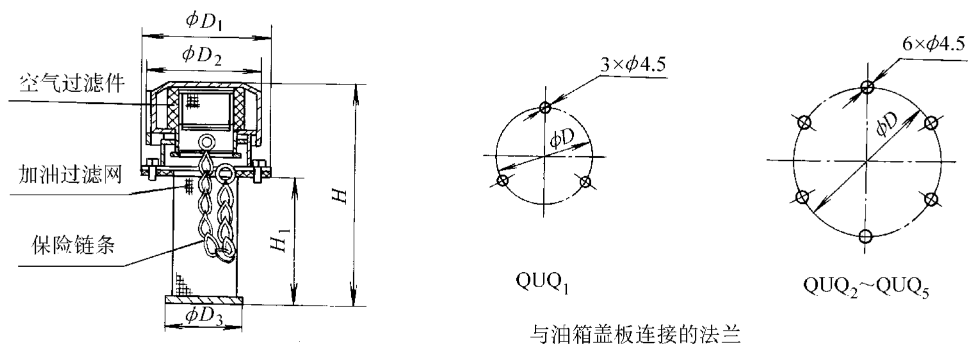
表 22.8-85　技术规格

型号	QUQ_1-※×※	QUQ_2-※×※	$QUQ_{2.5}$-※×※	QUQ_3-※×※	QUQ_4-※×※	QUQ_5-※×※
空气过滤精度/μm	10　20　40					
空气流量/$m^3 \cdot min^{-1}$	0.25　0.4　1.0	0.63　1.0　2.5	1.0　2.0　3.0	1.0　2.5　4.0	2.5　4.0　6.3	4.0
温度适应范围/℃	-20～100					
油过滤网孔/mm	0.5(可根据用户要求选择)					

注：表中空气流量是空气阻力 $\Delta p = 0.02$MPa。若用于工作介质为水-乙二醇，则在型号尾端加 BH。例：QUQ_2-10×0.63BH。

（3）外形尺寸(见表 22.8-86)

表 22.8-86　外形尺寸　（mm）

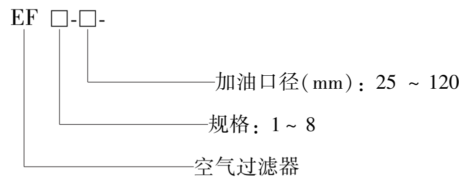


型　　号	ϕD	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	H	H_1	螺 栓 规 格
QUQ_1	41.3	50	44	28	134	82	M4×12
QUQ_2	73	83	76	48	159	96	M4×12
$QUQ_{2.5}$	110	123	113	76	239	150	M4×16
QUQ_3	145	160	150	95	320	195	M4×16
QUQ_4	250	280	256	153	379	254	M10×20
QUQ_5	280	320	295	197	395	270	M12×20

生产厂：温州黎明液压机电有限公司。

6.2　EF 型空气过滤器

（1）型号说明



（2）技术规格(见表 22.8-87)

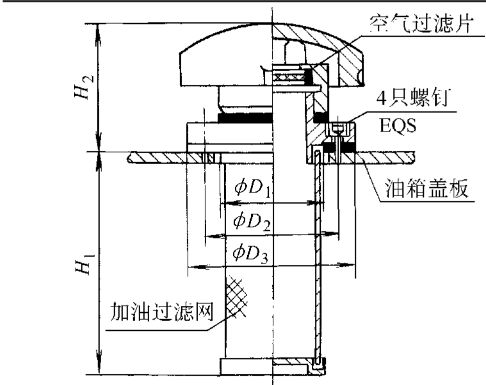
表 22.8-87　技术规格　（mm）

规　　格	空气过滤精度 /mm	加油流量	空气流量
		/L·min⁻¹	
EF_1-25	0.279	9	66
EF_2-32	0.279	14	105
EF_3-40	0.279	21	170
EF_4-50	0.105	32	265
EF_5-65	0.105	47	450
EF_6-80	0.105	70	675
EF_7-100	0.105	110	1055
EF_8-120	0.105	160	1512

注：1. 若使用工作介质为水-乙二醇则在型号尾端加·BH，例：EF_3-40·BH。
2. 表中所列空气流量是 15m/s 空气流速时的值。

（3）外形尺寸(见表 22.8-88)

表 22.8-88　外形尺寸　（mm）

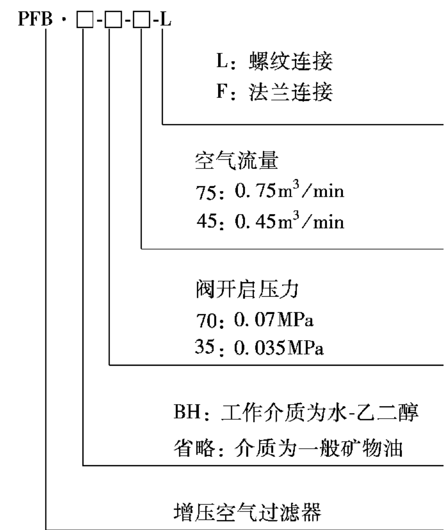


规格	H_1	H_2	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	螺纹尺寸	重量 /kg
EF_1-25	79	45	39	51	63	M4×10	0.4
EF_2-32	103	48	47	59	71		0.5
EF_3-40	121	53	55	66.5	79	M5×12	0.6
EF_4-50	154	58	66	82	96	M6×14	0.9
EF_5-65	188	68	81	102	120	M8×16	1.5
EF_6-80	224	78	96	120	140		1.8
EF_7-100	271	88	118	140	160	M8×20	2.1
EF_8-120	333	98	138	160	180		2.5

生产厂：温州黎明液压机电有限公司。

6.3 PFB 型增压空气过滤器

（1）型号说明



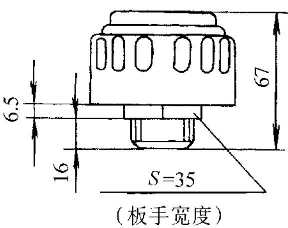
（2）技术参数(见表22.8-89)

（3）外形尺寸(见图22.8-29)

表 22.8-89 技术参数

型 号	空气流量 /m³·min⁻¹	空气过滤精度 /μm	阀开启压力 /MPa	连接方式	重量 /kg
PFB-35-75F	0.75	40	0.035	法兰	0.27
PFB-70-75F			0.070		
PFB-35-45F	0.45	10	0.035		
PFB-70-45F			0.070		
PFB-35-75L	0.75	40	0.035	螺纹 G3/4	0.20
PFB-70-75L			0.070		
PFB-35-45L	0.45	10	0.035		
PFB-70-45L			0.070		

螺纹连接



法兰连接

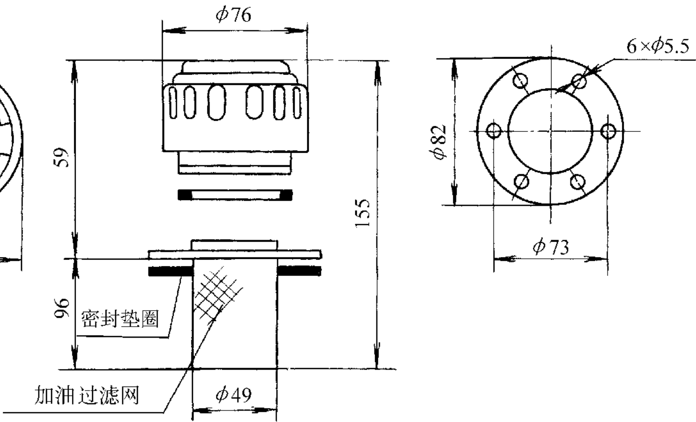


图 22.8-29 外形尺寸

6.4 QLS 型吸湿空气过滤器

液压油中水污染比起固体颗粒其危害更大，而水分侵入主要通过油箱通气口。空气中的一部分水蒸气溶解到油液中，一部分水蒸气遇到温度较低的油箱壁而冷凝成水滴进入油液，本型吸湿空气滤清器可有效防止水分进入油箱，提高液压系统工作的可靠性。

（1）型号说明及技术参数(见表22.8-90)

（2）工作原理(见表22.8-91)

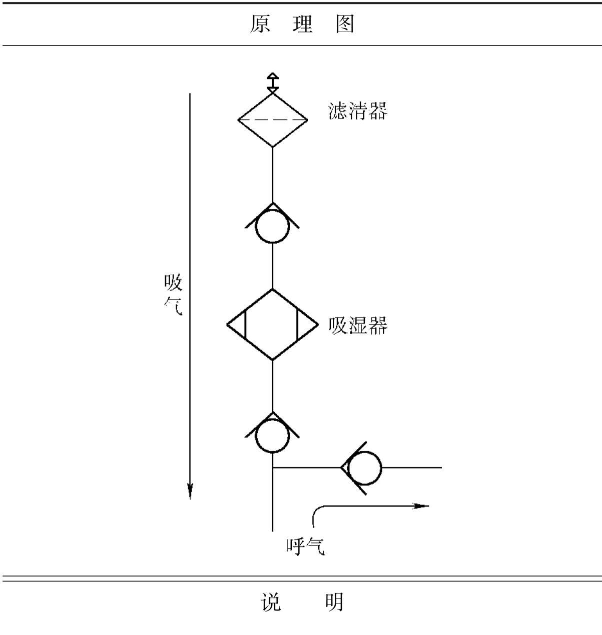
（3）外形尺寸(见图22.8-30)

表 22.8-90　QLS 型吸湿空气过滤器型号说明及技术参数

型 号 说 明	技 术 参 数
QLS　1 - 1 - 10 10—设计序号 1—吸湿量：1kg 1—空气流量：$1m^3/min$ QLS—吸湿空气过滤器	空气流量：$1m^3/min$ 空气过滤精度：≤180μm 吸气压力：0.03MPa 呼气压力：0.02MPa 吸湿量：1kg

表 22.8-91　QLS 型吸湿空气过滤器工作原理

原　理　图



说　　明

透明壳体的吸湿空气过滤器工作原理如左图示。干燥的吸湿剂呈蓝色，吸湿后颜色变淡并逐渐呈红色直至变成淡红色。当吸湿剂呈粉红色时，吸湿剂已近饱和，应予更换或烘干再用

更换时可手持吸湿器下部拧松并卸下底板，然后拧下四只盖螺母，即可打开上盖更换吸湿剂

吸湿剂可放在 150℃ 左右烘箱中烘干，吸湿剂呈蓝色时即可重新起用

注意：破碎的吸湿剂颗粒请勿再使用

生产厂：温州黎明液压机电公司。

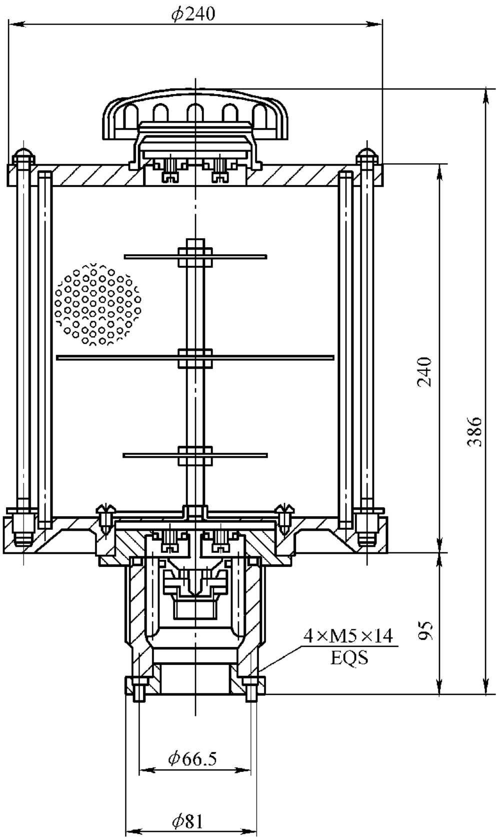
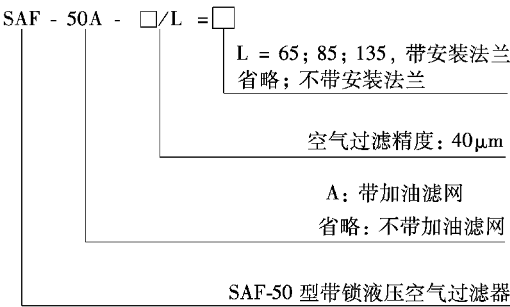


图 22.8-30　外形尺寸

6.5　SAF-50 带锁液压空气过滤器

（1）型号说明



（2）外形尺寸及性能曲线(见图22.8-31)

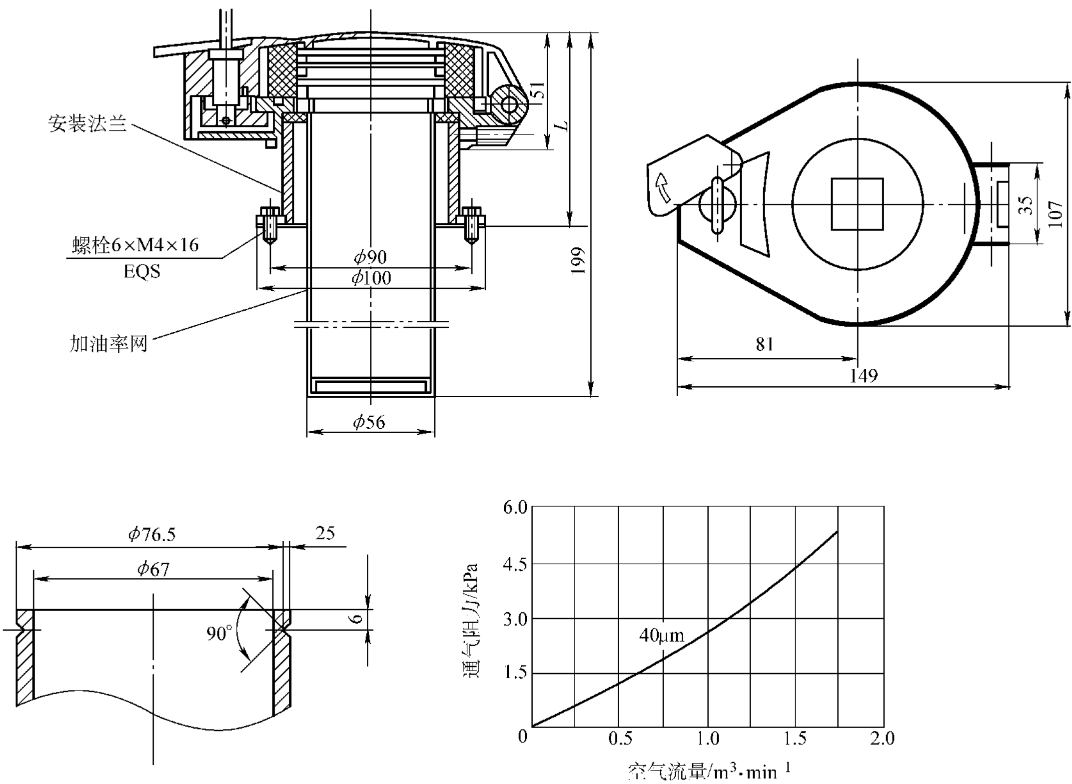


图22.8-31　外形尺寸及性能曲线

生产厂：温州黎明液压机电公司。

7　液位仪表

7.1　YWZ 型液位计

YWZ 系列液位计，采用高强度的聚碳酸酯工程塑料和铝合金等材料，具有装配性能优越，坚固、防裂、防振、强度高等优点，设计新颖、美观，液位和液温显示清楚，富有立体感，是油箱的必备附件。

（1）型号说明

（2）技术参数

1）工作温度：－20～100℃。

2）工作压力：0.1～0.15MPa。

（3）外形尺寸(见表22.8-92)

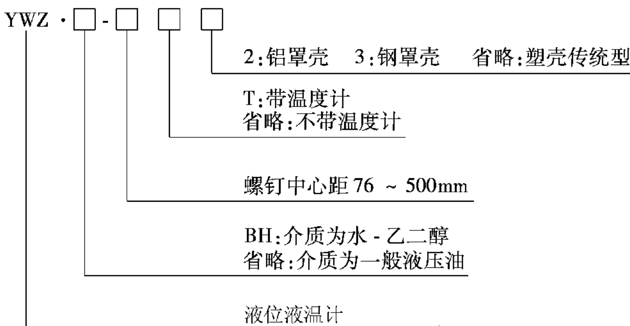


表 22.8-92　外形尺寸　　（mm）

型号		尺寸 H	尺寸 H_1	尺寸 H_2
YWZ-76T-2	YWZ-76-2	106	76	37
YWZ-80T-2	YWZ-80-2	110	80	42
YWZ-100T-2	YWZ-100-2	130	100	62
YWZ-125T-2	YWZ-125-2	155	125	87
YWZ-127T-2	YWZ-127-2	157	127	89
YWZ-150T-2	YWZ-150-2	180	150	112
YWZ-160T-2	YWZ-160-2	190	160	122
YWZ-200T-2	YWZ-200-2	230	200	162
YWZ-250T-2	YWZ-250-2	280	250	212
YWZ-254T-2	YWZ-254-2	284	254	216
YWZ-300T-2	YWZ-300-2	330	300	262
YWZ-350T-2	YWZ-350-2	380	350	312
YWZ-400T-2	YWZ-400-2	430	400	362
YWZ-450T-2	YWZ-450-2	480	450	412
YWZ-500T-2	YWZ-500-2	530	500	462

温度范围及承受压力：

温度：-20～100℃，并以摄氏和华氏表示。

压力：0.1～0.15MPa。

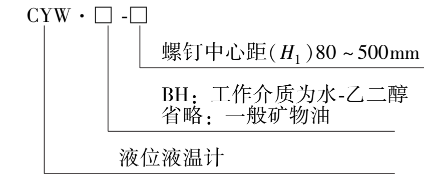
注：根据油箱液位来选择规格，若需螺孔中心距为250mm的不带温度计的液位计时，型号为YWZ-250；若需带温度计，则型号为YWZ-250T。

本产品表面切勿与香蕉水接触。

生产厂：温州远东液压有限公司、黎明液压有限公司。

7.2　CYW型液位液温计

（1）型号说明



（2）技术参数

1）测量温度范围：0～100℃。

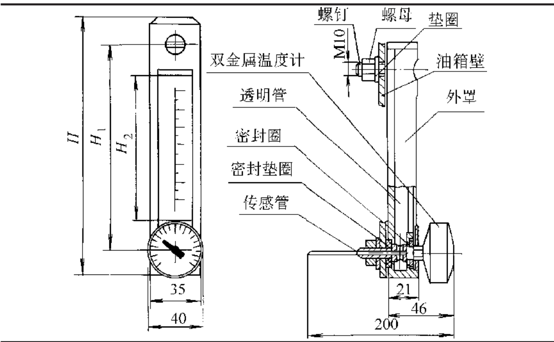
2）测量温度分度值：1℃/格。

3）测量精度：2.5级。

4）工作压力：0.15MPa。

（3）外形尺寸(见表22.8-93)

表 22.8-93　外形尺寸　　（mm）



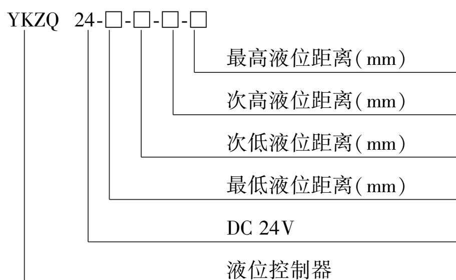
（续）

型号	H	H_1	H_2
CYW-80	107	80	42
CYW-100	127	100	60
CYW-125	152	125	88
CYW-127	154	127	90
CYW-150	177	150	100
CYW-160	187	160	110
CYW-200	227	200	150
CYW-250	277	250	200
CYW-300	327	300	250
CYW-350	377	350	300
CYW-400	427	400	350
CYW-450	477	450	400
CYW-500	527	500	450

生产厂：温州远东液压有限公司、黎明液压有限公司。

7.3 YKZQ 型液位控制器

（1）型号说明

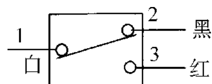


（2）技术参数(见表 22.8-94)

表 22.8-94 技术参数

工作介质	水、矿物油、水-乙二醇、乳化液
介质压力	小于 0.3MPa
介质粘度范围	10～100mm^2/s
介质温度	－20～100℃
动作时间	1.7ms
触点容量	24V～0.3A
安装位置	垂直安装

继电器接线标识



（3）外形尺寸(见图 22.8-32)

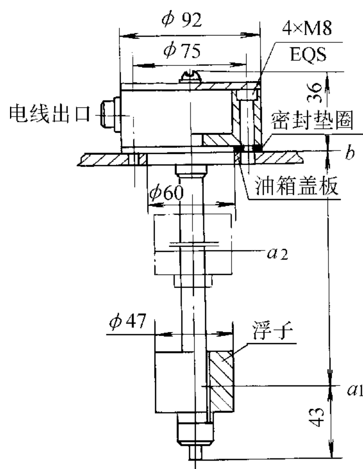


图 22.8-32 外形尺寸

生产厂：温州远东液压有限公司、黎明液压有限公司。

7.4 SCF 型平衡翻板窥视孔

（1）特点

通过液体在仪表内的流动可推动翻板转动，观测翻板转动角的大小可得知管道内液体流量的大小。安装方式为水平安装。

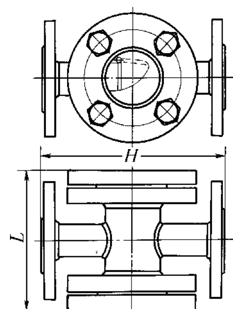
（2）主要技术参数(见表 22.8-95)

表 22.8-95 主要技术参数

型号	公称压力/MPa	温度/℃	材 质
SCF10P	1.0	0～200	1Cr18Ni9Ti
SCF16P	1.6	0～200	1Cr18Ni9Ti
SCF25P	2.5	0～200	1Cr18Ni9Ti

（3）结构及外形尺寸(见表 22.8-96)

表 22.8-96 结构及外形尺寸 (mm)



连接法兰标准：JB/T 81—1994

SCF10 PN = 1.0MPa	SCF16 PN = 1.6MPa	SCF25 PN = 2.5MPa

（续）

公称直径(*DN*)	*H*	*L*	公称直径(*DN*)	*H*	*L*	公称直径(*DN*)	*H*	*L*
15	200	200	15	200	200	15	200	200
20	200	200	20	200	200	20	200	200
25	200	200	25	200	200	25	200	200
32	260	244	32	260	250	32	260	270
40	260	244	40	260	250	40	260	270
50	320	290	50	320	300	50	320	320
65	320	290	65	320	300	65	320	320
80	360	320	80	360	330	—	—	—
100	360	320	—	—	—	—	—	—
125	440	370	—	—	—	—	—	—

注：订货时需注明型号、名称、公称直径、工作压力、介质温度、介质名称、接液材质及连接法兰标准(口径、压力)等。

生产厂：温州远东液压有限公司、黎明液压有限公司。

7.5　高压 MGS 型磁浮子液位计及报警开关

（1）型号说明

MG　S　4　2　5　R - 18

- MG—磁浮子式
- S—一般高压型
- 4—立管规格2″
- 2—立管型式
- 5—接管型式
- R—指示方式(转子)
- 18—排污阀型式

（2）技术参数(见表22.8-97)

表22.8-97　技术参数

测量范围/mm	≤6000
工作压力/MPa	≤30.0(38°C时)
介质温度/℃	≤200
介质粘度/Pa·s	≤0.15
精度/mm	±10
介质密度/g·cm^{-3}	≥650
法兰标准	GB/T 9115.35～36—2000 JB/T 82.2—1994
法兰压力规格/MPa	10.0、16.0、20.0、25.0、42.0
法兰接口尺寸/mm	20
接液材质	不锈钢

（3）外形尺寸(见图22.8-33)

（4）MS型簧片开关工作原理

MS型簧片开关是自保持型，通常接点处于开通

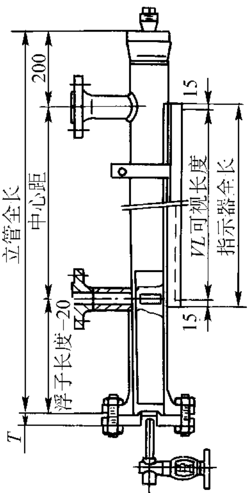


图22.8-33　外形尺寸

(OFF)状态，当浮子内磁钢的N极通过时，簧片开关接点闭合(ON)，发出报警信号，即使N极通过后，原动作仍能继续保持；当浮子返回浮子内磁钢的N极再次通过时，自保持解除，接点恢复到开通(OFF)状态，报警信号消失。

（5）型号及技术参数(见表22.8-98)

表22.8-98　型号及技术参数

型号	MS-90	ExMs-90
最大开关容量	10W	10W
最大使用电流	0.5A	0.5A
最大使用电压	AC-125V	AC-125V
接点耐压	DC-250V	DC-250V
使用温度范围	-10～80℃	-10～80℃
接点形式	自保持	自保持
电缆管引入口	G1/2″(内螺纹)	G1/2″(内螺纹)
防护型式	防水构造(IP54)	隔爆 dⅡBT4、 本安 iaⅡCT5

注：订货时需提供型号、报警位置、数量及防护型式。

生产厂：辽阳科林仪表有限公司。

8　流量仪表

8.1　LC12 型椭圆齿轮流量计(可远传)

（1）技术规格及性能(见表22.8-99)

表 22.8-99　技术规格及性能

允许基本误差(%)… ±0.5
最大工作压力/MPa
铸铝…1.0
铸铁，不锈钢…1.6
铸钢 *DN*20、25…2.5
铸钢 *DN*15，*DN*40～100…6.4
管道连接法兰…JB/T 78—1999，79—2008
粘度/MPa·s…0.5级：0.6～200
压力损失/MPa＜0.1
被测介质温度/°C
0.5级：*DN*10～25　－20～120
其余口径　－20～80
用在强腐蚀性介质时最大流量要减小1/3
流量范围…(见表)

流量计规格	流量范围/$m^3 \cdot h^{-1}$		
公称通径 *DN*/mm	石 油 产 品		
	0.6～2MPa·s	2～8MPa·s	8～200MPa·s
10			0.025～0.4
15			0.1～1.5
20	0.75～3	0.3～3	0.2～3
25	1.5～6	0.6～6	0.4～6
40	3～15	1.5～15	1～15
50	4.8～24	2.4～24	1.6～24
65	8～40	4～40	2.6～40
80	12～60	6～60	4～60
100	20～100	10～100	6.5～100

(2) 外形尺寸(见表22.8-100)

表 22.8-100　外形尺寸　(mm)

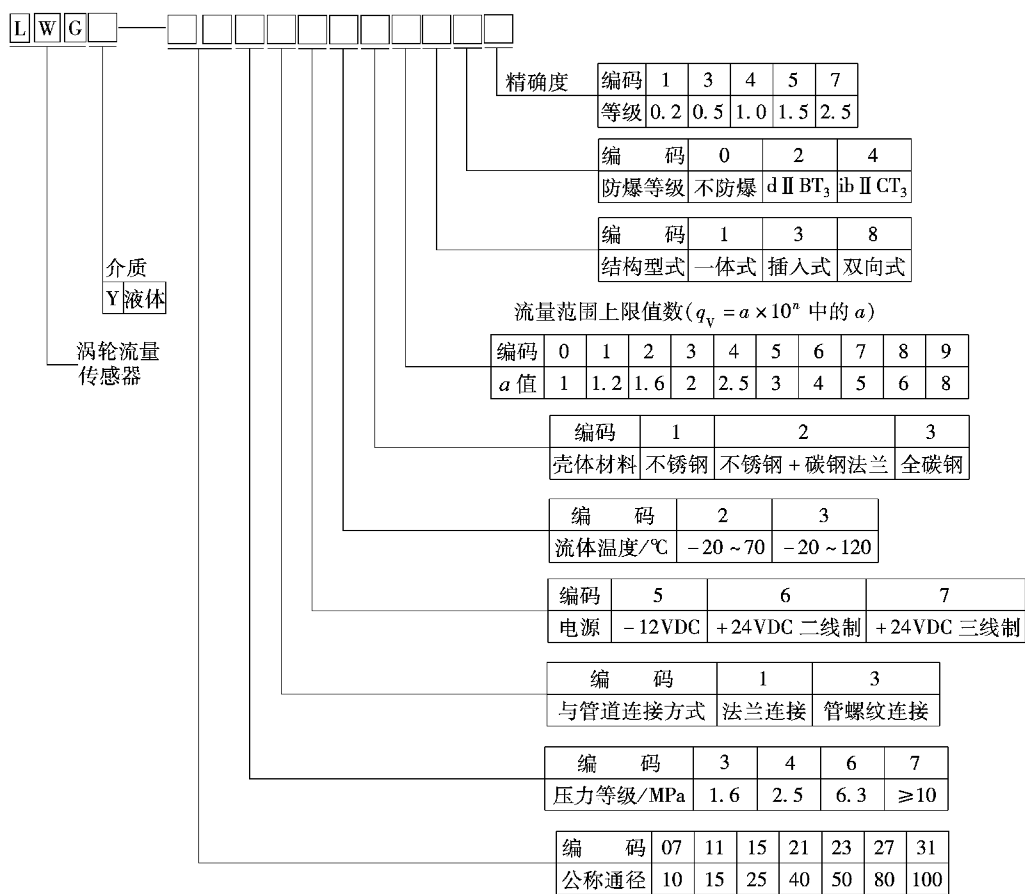
*DN*10～40型　　*DN*50～100型

公称通径	*L*	*H*	*B*	*A*	*D*	D_1	*n*/个	ϕ
10	150	100	210	165	90	60	4	14
15	170	118	226	172	95	65	4	14
20	200	150	238	225	105	75	4	14
25	260	180	246	232	115	85	4	14
40	245	180	271	249	145	110	4	18
50	340	250	372	230	160	125	4	18
65	420	325	386	270	180	145	4	18
80	420	325	433	315	195	160	8	18
100	515	418	458	370	280	240	8	23

生产厂：辽阳科林仪表有限公司。

8.2　LWGY型涡轮流量传感器

(1) 型号说明



（2） 主要技术参数(见表 22.8-101)

表 22.8-101 主要技术参数

公称通径 DN/mm	流量范围/$m^3 \cdot h^{-1}$			流体温度/℃		公称压力/MPa
	0.2 级	0.5 级	1 级	一体式	防爆	
10		0.4～1.2	0.25～1.6	－20～120	－20～70	16
15	1.2～4	0.6～4	0.4～4			
25	3～10	1.2～12	1.2～12			
40	8～25	3～30	3～30			6.3
50	12～40	5～50	5～50			
80	30～100	16～100	12～120			
100	50～160	25～160	20～200	－20～55		2.5

注：环境温度：－20～55℃

相对湿度：5%～95%

供电电源：DC－12V 或 DC＋24V，工作电流≤40mA

输入信号：f=20～3000Hz，幅值≥10mV

输出信号：方波或正弦波，V_{p-p}≥5V(DC－12V 供电)

方波 V_{p-p}≥7V(DC＋24V 供电,三线制)

方波 V_{p-p}≥6V(DC＋24V 供电,二线制,负载 1kΩ 时)

（3）外形尺寸（见表22.8-102）

表22.8-102　外形尺寸

*DN*10 ~ *DN*40　　*DN*50 ~ *DN*100　*PN*6.3MPa

公称通径 *DN*/mm	传感器尺寸/mm		法兰尺寸/mm					管螺纹尺寸	
	L	H	D	D_1	D_2	D_3	$n\times\phi d_0$	l/mm	G/in
10	60	180						18	1/2
15	75	190						23	1
25	100	200						30	1¼
40	140	215						35	2
50	150	270	160	125	100	83	4×18		
		275	175	135	105	88	4×23		
80	200	300	195	160	135	116	8×18		
		310	210	170	140	121	8×23		
100	220	330	230	190	160	142	8×23		
		340	250	200	168	150	8×25		

（4）电气连接

1）普通结构放大器（DC +24V 三线制）与显示仪表间接线（见图22.8-34）。

2）普通结构放大器（DC -12V 三线制）与显示仪表间的接线（见图22.8-35）。

3）普通结构放大器（DC +24V 二线制）与显示仪表间的接线（见图22.8-36）。

4）本安式防爆放大器（DC +12V 二线制）与显示仪表间的接线（见图22.8-37）。

（5）放大器外形尺寸（见图22.8-38）。

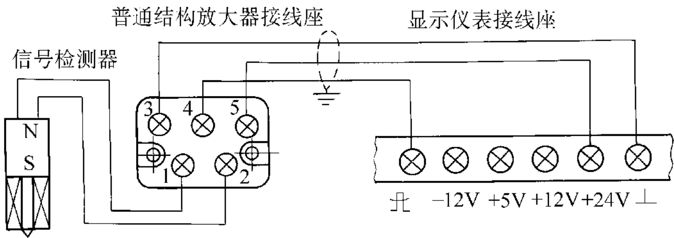


图22.8-34　DC +24V 三线制接线图

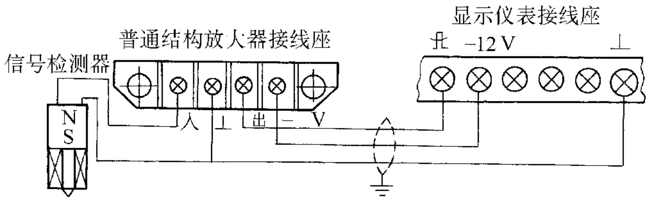


图22.8-35　DC -12V 三线制接线图

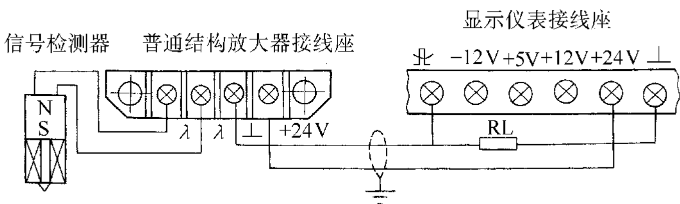


图 22. 8-36　DC + 24V 二线制接线图

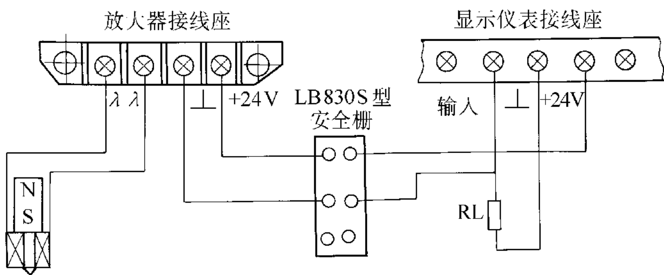


图 22. 8-37　DC + 12V 二线制接线图

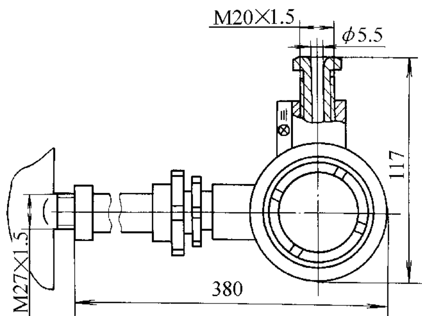


图 22. 8-38　普通型或本安防爆型结构外形图

8. 3　BFS-40-N/BFS-40-O 型流量开关

用于监测水，带或不带视镜指示。

特点：扩大量程，设定点连续可调，结构坚固，回差小，安装位置任意，精度高和性能安全，可选指针指示器。

量程：对于水 0. 2 ~ 4. 0L/min 到 35 ~ 250L/min。

应用：液体测量和监测，例如冷却或液压系统、试验台、泵等。

（1） 型号说明(见表 22. 8-103)

表 22. 8-103　型号说明

类型	系列	工艺连接	材料	范围代码	触点	电气接线	选项
BFS-	40-O	G1	SS	40	NO	ST	
订购代码							
BFS-			T				

系　　列	工艺连接	材　　料	开关范围	触　　点	电气接线	选　　项
(40-N) 没有显示 (40-O) 带有显示	(G1/4) (G1/2) G3/4 (G1) (G1¼) (G1½)	(MS)黄铜 (SS)不锈钢	代码 见前一页	(NO) (SPDT) (EX) + SPDT EX. m. 型	(ST)插头 (KA)1m、电缆	(HT)高温 (DK)2 触点 (LED)带 LED 指示器

(2) 技术参数(见表22.8-104)

表22.8-104　技术参数

1) BFS-40-N(不带可视窗)			
测量原理：	可变面积流量计		
材料	黄铜型式	不锈钢型式	
可变面积流量计：	黄铜	1.4571	
弹簧：	1.4571	1.4571	
接头：	黄铜，镀镍	1.4571	
外壳：	黄铜，镀镍	1.4571	
工作压力	黄铜	VA	压力降
BFS-40-N：	*PN* 20MPa	330	0.002～0.08MPa
工作温度：	100℃(标准)，160℃(选项,HT)		
开关范围：	液体/L·min⁻¹	工艺连接体	
BFS-40-N：	0.2～4.0/0.6～5.0		
	0.5～8.0/1.0～14	G1/4，G1/2	
	1.0～28		
	2.0～40/4.0～55	G1/2，G3/4	
	1.0～70/8.0～90		
	5～110	G3/4，G1	
	10～150	G1¼	
	35～220	G1¼，G1½	
	35～250	G1¼，G1½	
精度：10%满量程			
电气接线：插头符合DIN 43650			
触点额定值			
BFS-40-N：	250V/3A/100VA(NO)		
	250V/1.5A/50VA(SPDT)		
EEx. mⅡT6型：	250V/2A/60VA(NO)		
	250V/1A/30VA(SPDT)		
Exll1GD			
EEx iaⅡB T6型：	45V/1A/(N0/SPDT)		
保护等级：	IP65(插头符合DIN 43650)		
	IP67(带有模制电缆,只对于EEx型)		
2) BFS-40-O(带可视窗)			
测量原理：	可变面积流量计		
材料	黄铜型式	不锈钢型式	
可变面积流量计：	黄铜	1.4571	
弹簧：	1.4571	1.4571	
接头：	黄铜，镀镍外壳	1.4571	
外壳：	黄铜，镀镍外壳	1.4571	
指示器外壳：	Makrolon	Makrolon	
工作压力	黄铜	VA	压力降
BFS-40-O：	*PN* 20MPa	33MPa	0.002～0.08MPa
工作温度：	100℃(标准)，160℃(选项,HT)		
开关范围：	液体/(L/min)	工艺连接体	
BFS-40-O：	0.2～4.0/0.6～5.0		
	0.5～8.0/1.0～14	G1/4，G1/2	
	1.0～28		
	2.0～40/4.0～55	G1/2，G3/4	
	1.0～70/8.0～90	G3/4，G1	
	5～110		
	10～150	G1¼	
	35～220	G1¼，G1½	
	35～250	G1½	
精度：	±10%满量程		
电气接线：	插头符合DIN43650		
触点额定值			
BFS-40-O：	250V/3A/100VA(NO)		
	250V/1.5A/50VA(SPDT)		
EEx. mⅡT6型：	250V/2A/60VA(NO)		
	250V/1A/30VA(SPDT)		
ExⅡ1GD			
EEx iaⅡB T6型：	45V/1A/(N0/SPDT)		

(3) 压降图(见图22.8-39)

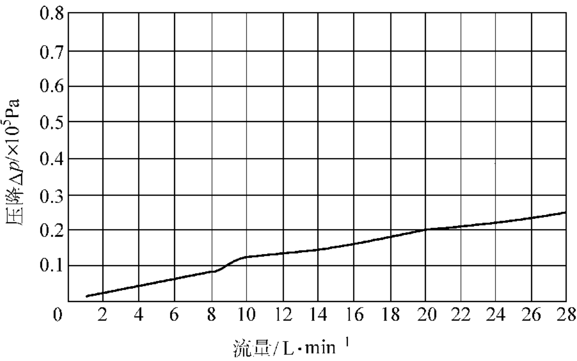
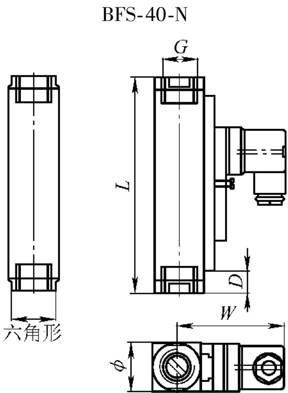


图22.8-39　压降图

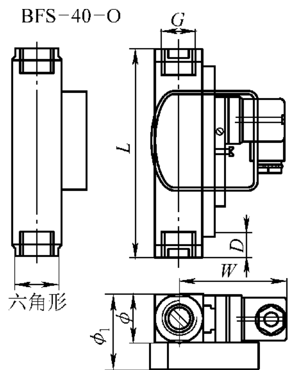
(4) 外形尺寸(见表22.8-105)

表22.8-105　外形尺寸　(mm)



（续）

G	G1/4	G1/2	G3/4	G1	1¼	1½
（六角形）	27	27	34	40	40/50	60
ϕ	30	30	40	40	40/50	60
W	71	71	76	76	76/81	82
D	14	14/16	18	19	21	24
L	130	148	152	156	200	200
重量/g	850	900	1400	1100	2750 /3000	3800



G	G1/4	G1/2	G3/4	G1	1¼	1½
（六角形）	27	27	27/34	40	40/50	60
ϕ	30	30	30/40	40	40/50	60
ϕ_1	47	47	47/57	57	57/67	77

（续）

W	71	71	71/76	76	76/81	82
D	14	14	16/18	19	21	24
L	130	130/149	148/152	156	200	200
重量/g	900	900 /950	950 /1450	1150	2800 /3050	3850

生产厂：巴士德公司（德国）。

9　液压常用密封件

在液压系统和各种液压元件中，液压密封元件起着重要的作用，诸如防止介质的内外泄漏，防止外界灰尘和异物的侵入，防止水分、空气的渗入等。外泄漏将造成介质的浪费、环境污染，甚至机械失灵和设备、人身事故。内泄漏造成液压系统容积效率的降低，如果超过规定的内泄漏值，将引起过度能量损耗、系统发热、压力下降直至不能正常运行。因此，密封件的正确选择、安装、使用，以及与之相配合的正确结构设计是十分重要的。

设计选型原则：首先根据密封件的使用条件和对密封件的要求，如最高使用压力、最大速度及负载变化，作业环境、使用寿命和对密封性能的要求等，选择合适的与之相匹配的密封件结构型式，然后再根据所用工作介质的种类和最高使用温度，正确选择密封件的材料（可参考表 22.8-106 进行选择）。

表 22.8-106　常用密封材料与工作介质的适应性和使用温度

密 封 材 料	石油基液压油和矿物基润滑脂	抗燃性液压油			使用温度范围/℃	
		水-油乳化液	水-乙三醇基	磷酸酯基	静密封	动密封
丁腈橡胶（NBR）	○	○	○	×	-40～100	-40～80
聚氨酯橡胶（U）	○	△	×	×	-30～80	-20～60
氟橡胶（FPM）	○	○	○	○	-30～150	-30～100
硅橡胶（Q）	○	○	×	△	-60～260	-50～260
聚四氟乙烯（PTFE）	○	○	○	○	-100～260	-100～260

注：○好，△不太好，×不好。

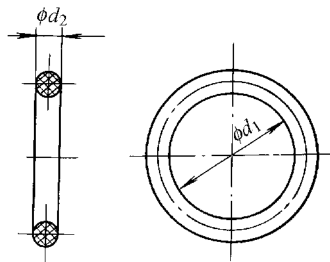
9.1　O 形橡胶密封圈

9.1.1　通用 O 形橡胶密封圈的型式、尺寸及公差

适用于装在各种液压设备上，具有结构简单密封性能好、寿命长、摩擦阻力较小、成本低，既可作为静密封，也可作为动密封使用。在一般情况下静密封可靠使用压力可达 35MPa，动密封使用可靠压力可达 10MPa。当合理采用密封挡圈或其他组合型式时，可靠使用压力将能成倍提高。通用 O 形橡胶密封圈的型式、尺寸见表 22.8-107。

表 22.8-107　通用 O 形橡胶密封圈的型式、尺寸及公差

（摘自 GB/T 3452.1—2005　ISO 3601-1:2002）　　（mm）



标记示例：

标记方式以“$d_1 \times d_2$、用途代号、标准号”表示。示例如下：

$d_1=8.75$mm，$d_2=1.8$mm 的通用 O 形密封圈：

O 形密封圈　8.75×1.80G　GB/T 3452.1—2005

d_1		d_2					d_1		d_2				
尺寸	公差 ±	1.8 ± 0.08	2.65 ± 0.09	3.55 ± 0.10	5.3 ± 0.13	7 ± 0.15	尺寸	公差 ±	1.8 ± 0.08	2.65 ± 0.09	3.55 ± 0.10	5.3 ± 0.13	7 ± 0.15
1.8	0.13	×					10	0.19	×				
2	0.13	×					10.6	0.19	×	×			
2.24	0.13	×					11.2	0.20	×	×			
2.5	0.13	×					11.6	0.20	×	×			
2.8	0.13	×					11.8	0.19	×	×			
3.15	0.14	×					12.1	0.21	×	×			
3.55	0.14	×					12.5	0.21	×	×			
3.75	0.14	×					12.8	0.21	×	×			
4	0.14	×					13.2	0.21	×	×			
4.5	0.15	×					14	0.22	×	×			
4.75	0.15	×					14.5	0.22	×	×			
4.87	0.15	×					15	0.22	×	×			
5	0.15	×					15.5	0.23	×	×			
5.15	0.15	×					16	0.23	×	×			
5.3	0.15	×					17	0.24	×	×			
5.6	0.16	×					18	0.25	×	×	×		
6	0.16	×					19	0.25	×	×	×		
6.3	0.16	×					20	0.26	×	×	×		
6.7	0.16	×					20.6	0.26	×	×	×		
6.9	0.16	×					21.2	0.27	×	×	×		
7.1	0.16	×					22.4	0.28	×	×	×		
7.5	0.17	×					23	0.29	×	×	×		
8	0.17	×					23.6	0.29	×	×	×		
8.5	0.17	×					24.3	0.30	×	×	×		
8.75	0.18	×					25	0.30	×	×	×		
9	0.18	×					25.8	0.31	×	×	×		
9.5	0.18	×					26.5	0.31	×	×	×		
9.75	0.18	×					27.3	0.32	×	×	×		

（续）

d_1		d_2					d_1		d_2				
尺寸	公差±	1.8±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.3±0.13	7±0.15	尺寸	公差±	1.8±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.3±0.13	7±0.15
28	0.32	×	×	×			80	0.69		×	×	×	
29	0.33	×	×	×			82.5	0.71		×	×	×	
30	0.34	×	×	×			85	0.72		×	×	×	
31.5	0.35	×	×	×			87.5	0.74		×	×	×	
32.5	0.36	×	×	×			90	0.76		×	×	×	
33.5	0.36	×	×	×			92.5	0.77		×	×	×	
34.5	0.37	×	×	×			95	0.79		×	×	×	
35.5	0.38	×	×	×			97.5	0.81		×	×	×	
36.5	0.38	×	×	×			100	0.82		×	×	×	
37.5	0.39	×	×	×			103	0.85		×	×	×	
38.7	0.40	×	×	×			106	0.87		×	×	×	
40	0.41	×	×	×	×		109	0.89		×	×	×	×
41.2	0.42	×	×	×	×		112	0.91		×	×	×	×
42.5	0.43	×	×	×	×		115	0.93		×	×	×	×
43.7	0.44	×	×	×	×		118	0.95		×	×	×	×
45	0.44	×	×	×	×		122	0.97		×	×	×	×
46.2	0.45	×	×	×	×		125	0.99		×	×	×	×
47.5	0.46	×	×	×	×		128	1.01		×	×	×	×
48.7	0.47	×	×	×	×		132	1.04		×	×	×	×
50	0.48	×	×	×	×		136	1.07		×	×	×	×
51.5	0.49		×	×	×		140	1.09		×	×	×	×
53	0.50		×	×	×		142.5	1.11		×	×	×	×
54.5	0.51		×	×	×		145	1.13		×	×	×	×
56	0.52		×	×	×		147.5	1.14		×	×	×	×
58	0.54		×	×	×		150	1.16		×	×	×	×
60	0.55		×	×	×		152.5	1.18			×	×	×
61.5	0.56		×	×	×		155	1.19			×	×	×
63	0.57		×	×	×		157.5	1.21			×	×	×
65	0.58		×	×	×		160	1.23			×	×	
67	0.60		×	×	×		162.5	1.24			×	×	×
69	0.61		×	×	×		165	1.26			×	×	×
71	0.63		×	×	×		167.5	1.28			×	×	×
73	0.64		×	×	×		170	1.29			×	×	×
75	0.65		×	×	×		172.5	1.31			×	×	×
77.5	0.67		×	×	×		175	1.33			×	×	×

（续）

d_1		d_2					d_1		d_2				
尺寸	公差±	1.8±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.3±0.13	7±0.15	尺寸	公差±	1.8±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.3±0.13	7±0.15
177.5	1.34			×	×	×	315	2.24				×	×
180	1.36			×	×	×	320	2.27				×	×
182.5	1.38			×	×	×	325	2.30				×	×
185	1.39			×	×	×	330	2.33				×	×
187.5	1.41			×	×	×	335	2.36				×	×
190	1.43			×	×	×	340	2.40				×	×
195	1.46			×	×	×	345	2.43				×	×
200	1.49			×	×	×	350	2.46				×	×
203	1.51				×	×	355	2.49				×	×
206	1.53				×	×	360	2.52				×	×
212	1.57				×	×	365	2.56				×	×
218	1.61				×	×	370	2.59				×	×
224	1.65				×	×	375	2.62				×	×
227	1.67				×	×	379	2.64				×	×
230	1.69				×	×	383	2.67				×	×
236	1.73				×	×	387	2.70				×	×
239	1.75				×	×	391	2.72				×	×
243	1.77				×	×	395	2.75				×	×
250	1.82				×	×	400	2.78				×	×
254	1.84				×	×	406	2.82					×
258	1.87				×	×	412	2.85					×
261	1.89				×	×	418	2.89					×
265	1.91				×	×	425	2.93					×
268	1.92				×	×	429	2.96					×
272	1.96				×	×	433	2.99					×
276	1.98				×	×	437	3.01					×
280	2.01				×	×	443	3.05					×
283	2.03				×	×	450	3.09					×
286	2.05				×	×	456	3.13					×
290	2.08				×	×	462	3.17					×
295	2.11				×	×	466	3.19					×
300	2.14				×	×	470	3.22					×
303	2.16				×	×	475	3.25					×
307	2.19				×	×	479	3.28					×
311	2.21				×	×	483	3.30					×

（续）

d_1		d_2					d_1		d_2				
尺寸	公差±	1.8±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.3±0.13	7±0.15	尺寸	公差±	1.8±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.3±0.13	7±0.15
487	3.33					×	580	3.91					×
493	3.36					×	590	3.97					×
500	3.41					×	600	4.03					×
508	3.46					×	608	4.08					×
515	3.50					×	615	4.12					×
523	3.55					×	623	4.17					×
530	3.60					×	630	4.22					×
538	3.65					×	640	4.28					×
545	3.69					×	650	4.34					×
553	3.74					×	660	4.40					×
560	3.78					×	670	4.47					×
570	3.85					×							

注：表中“×”表示包括的规格。

9.1.2　O形橡胶密封圈的选用

O形密封圈所用沟槽的型式及尺寸见表22.8-108，表22.8-109为O形密封圈沟槽尺寸公差。表22.8-110为O形密封圈沟槽和配合偶件的表面粗糙度。表22.8-111为密封挡圈型式、尺寸及材料。

表22.8-108　O形圈密封型式及沟槽尺寸（摘自GB/T 3452.3—2005）　（mm）

径向密封		径向密封	
活塞密封沟槽	注：为防止组装时损坏O形圈在缸孔端采用15°～20°导角	带挡圈的沟槽	压力　交替压力
		轴向密封	
活塞杆密封沟槽	注：为防止组装时损坏O形圈在杆端采用15°～20°导角	受内部压力的沟槽	
		受外部压力的沟槽	

（续）

径向密封沟槽尺寸	O 形圈截面直径 d_2			1.80	2.65	3.55	5.30	7.00
	沟槽宽度	气动动密封		2.2	3.4	4.6	6.9	9.3
		液压动密封或静密封	b	2.4	3.6	4.8	7.1	9.5
			b_1	3.8	5.0	6.2	9.0	12.3
			b_2	5.2	6.4	7.6	10.9	15.1
	沟槽深度 t	活塞密封	液压动密封	1.35	2.10	2.85	4.35	5.85
			气动动密封	1.4	2.15	2.95	4.5	6.1
			静密封	1.32	2.0	2.9	4.31	5.85
		活塞杆密封	液压动密封	1.35	2.10	2.85	4.35	5.85
			气动动密封	1.4	2.15	2.95	4.5	6.1
			静密封	1.32	2.0	2.9	4.31	5.85
	最小导角长度 Z_{min}			1.1	1.5	1.8	2.7	3.6
	槽底圆角半径 r_1			0.2～0.4		0.4～0.8		0.8～1.2
	槽棱圆角半径 r_2			0.1～0.3				
轴向密封沟槽尺寸	O 形圈截面直径 d_2			1.80	2.65	3.55	5.30	7.00
	沟槽宽度 b			2.6	3.8	5.0	7.3	9.7
	沟槽深度 h			1.28	1.97	2.75	4.24	5.72
	槽底圆角半径 r_1			0.2～0.4		0.4～0.8		0.8～1.2
	槽棱圆角半径 r_2			0.1～0.3				
	受内部压力时，沟槽外径 $d_7=d_1+2d_2$ 受外部压力时，沟槽内径 $d_8=d_1$							

表 22.8-109　O 形密封圈沟槽尺寸公差

（mm）

O 形圈截面直径 d_2	1.8	2.65	3.55	5.30	7.00
轴向密封时沟槽深度 h	$^{+0.05}_{0}$				$^{+0.10}_{0}$
缸内径 d_4	H8				
沟槽槽底直径（活塞密封）d_3	h9				
活塞直径 d_9	f7				
活塞杆直径 d_5	f7				
沟槽槽底直径（活塞杆密封）d_6	H9				
活塞杆配合孔直径 d_{10}	H8				
轴向密封时沟槽外径 d_7	H11				
轴向密封时沟槽内径 d_8	H11				
O 形圈沟槽宽度 b、b_1、b_2	$^{+0.25}_{0}$				

注：为适应特殊应用需要，d_3、d_4、d_5、d_6 的公差范围可以改变。

表 22.8-110　沟槽和配合偶件表面的表面粗糙度

（μm）

表面	应用情况	压力状况	表面粗糙度 R_a	表面粗糙度 R_y
沟槽的底面和侧面	静密封	无交变，无脉冲	3.2（1.6）	12.5（6.3）
		交变或脉冲	1.6	6.3
	动密封		1.6（0.8）	6.3（3.2）
配合表面	静密封	无交变、无脉冲	1.6（0.8）	6.3（3.2）
		交变或脉冲	0.8	3.2
	动密封		0.4	1.6
导角表面			3.2	12.5

注：括号内的数值为要求精度较高的场合应用。

表 22.8-111　密封挡圈型式、尺寸及材料　（mm）

（切口式）　（整体式）

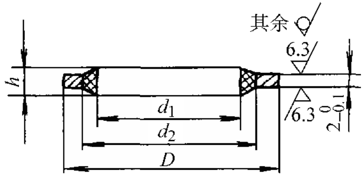
O 形圈公称内径 d_1	d_2	挡圈材料	$d_{-0.01}^{+0.14}$	$D_{-0.14}^{+0.01}$	T
1.8～50	1.8	聚四氟乙烯	等于 O 形橡胶密封圈的公称内径 d_1	等于 O 形橡胶密封圈的公称内径 d_1 加 2 倍的 d_2	1.25～1.35
7.1～180	2.65				1.25～1.35
18～200	3.55				1.25～1.35
41.2～400	5.3				1.75～1.85
109～670	7.0				2.65～2.75

注：使用压力达 70MPa 也可用于回转和螺旋运动。

9.2　组合密封垫圈

组合密封垫圈适用于工作压力小于 40MPa，工作温度低于 80℃范围内的管接头及螺塞连接处的密封。组合密封垫圈的规格尺寸见表 22.8-112。

表 22.8-112　组合密封垫圈规格尺寸（摘自 JB/T 982—1977）　（mm）



标记示例：公称直径 27mm 的组合密封垫圈
垫圈 27 JB/T 982—1977

公称直径	d_1 尺寸	d_1 公差	d_2 尺寸	d_2 公差	D 尺寸	D 公差	h ±0.1	孔 d_2 允许偏心	适用螺纹尺寸
8	8.4		10		14	−0.24	2.7	0.1	M8
10	10.4		12		16				M10（G1/8″）
12	12.4	±0.12	14	+0.24	18				M12
14	14.4		16		20	−0.28			M14（G1/4″）
16	16.4		18		22				M16
18	18.4		20		25				M18（G3/8″）
20	20.5		23		28				M20
22	22.5		25	+0.28	30				M22（G1/2″）
24	24.5	±0.14	27		32	0.34		0.15	M24
27	27.5		30		35				M27（G3/4″）
30	30.5		33		38				M30
33	33.5		36		42				M33（G1″）
36	36.5		40	+0.34	46		2.9		M36
39	39.6	±0.17	43		50				M39
42	42.6		46		53	0.40			M42（G11/4″）
45	45.6		49		56				M45
48	48.7		52		60				M48
52	52.7	±0.20	56	+0.40	66				M52
60	60.7		64		75				M60（G2″）

9.3　液压缸活塞及活塞杆用高低唇 Yx 形橡胶密封圈

Y 形密封圈中 Yx 形高低唇密封圈是液压缸中最常用的一种。此种密封圈通常采用聚氨酯橡胶材料制成，具有耐磨、使用寿命长，适用于工作压力小于 31.5MPa，运动速度小于 0.5m/s，工作温度在 －40 ~ 80℃，工作介质为空气、矿物油的环境中使用。

（1）标注实例

公称外径 $D=50$mm 的孔用 Yx 形密封圈：

密封圈 YxD50 JB/ZQ 4264—2006

公称内径 $d=50$mm 的轴用 Yx 形密封圈：

密封圈 Yxd50 JB/ZQ 4265—2006

（2）孔用 Yx 形密封圈尺寸（摘自 JB/ZQ 4264—2006）（见表 22.8-113）

（3）孔用 Yx 形密封圈沟槽型式与尺寸（见表 22.8-114）

（4）孔用 Yx 形密封用挡圈型式与尺寸（见表 22.8-115）

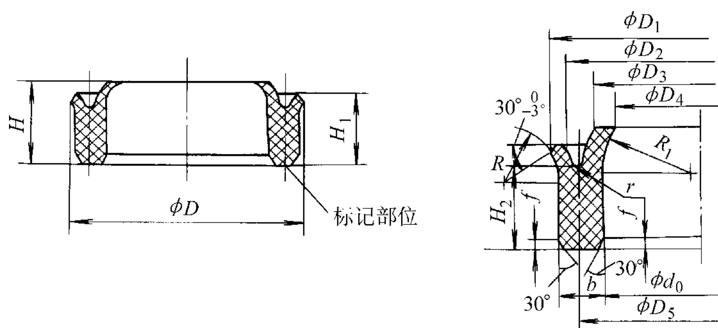
（5）轴用 Yx 形密封圈尺寸（摘自 JB/ZQ 4265—2006）（见表 22.8-116）

（6）轴用 Yx 形密封圈沟槽尺寸（见表 22.8-117）

（7）最大密封间隙 c（见表 22.8-118）

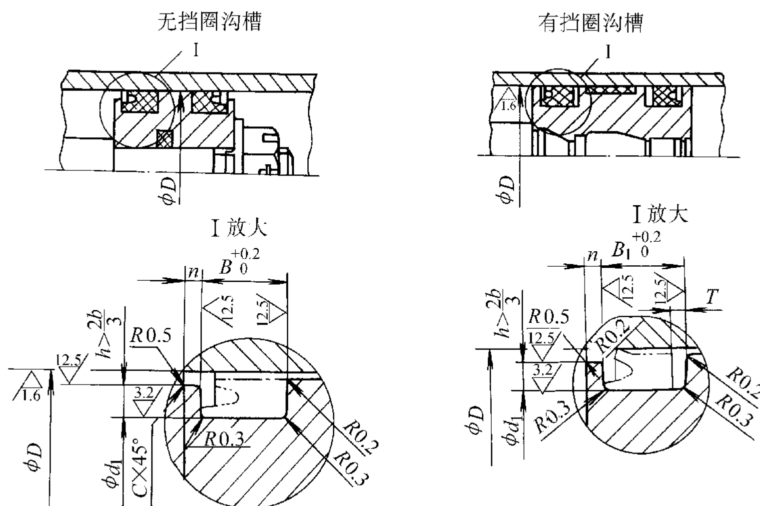
（8）轴用 Yx 形密封圈挡圈型式与尺寸（见表 22.8-119）

表 22.8-113　孔用 Yx 形密封圈尺寸　（mm）



公称外径 D	d_0	b	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	H	H_1	H_2	R	R_1	r	f
32 40 50	23.8 31.8 41.8	4	33.9 41.9 51.9	32 40 50	25.2 33.2 43.2	22 30 40	28.1 36.1 46.1	10	9	6	6	15	0.5	1.0
60 80 100	47.7 67.7 87.7	6	62.6 82.6 102.6	59.4 79.4 99.4	50.3 70.3 90.3	45.3 65.3 85.3	54.2 74.2 94.2	14	12.5	8.5	8	22	0.7	1.5
110 125 160	97.7 112.7 147.7	6	112.6 127.6 162.6	109.4 124.4 159.4	100.3 115.3 150.3	95.3 110.3 145.3	104.2 119.2 154.2	14	12.5	8.5	9	22	0.7	1.5
180 200 250	163.6 183.6 233.6	8	183.6 203.6 253.6	179.4 199.5 249.5	166.8 186.8 236.8	160.3 180.3 230.3	172.3 192.3 242.3	18	16	10.5	10	26	1	2
320 400 500	295.5 375.5 475.5	12	325.2 405.2 505.2	318.7 398.7 498.7	300.7 380.7 480.7	290.7 370.7 470.7	308.4 388.4 488.4	24	22	14	14	32	1.5	2.5

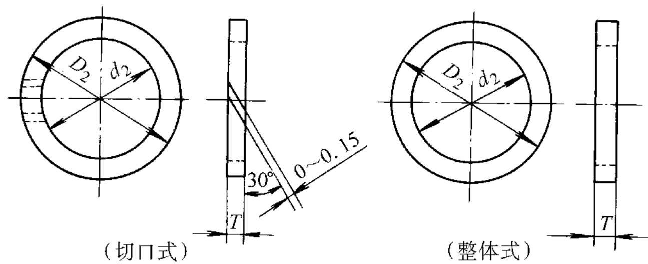
表 22.8-114　孔用 Yx 形密封圈沟槽型式与尺寸　（mm）



孔用 Yx 形密封圈外径 D	$d_1$①	B	B_1	n	b②	C
32 40 50	24 32 42	12	13.5	4	4	0.5
60 80 100 110 125 160	48 68 88 98 113 148	16	18	5	6	1
180 200 250	164 184 234	20	22.5	6	8	1.5
320 400 500	296 376 476	26.5	30	7	12	2

注：T 为挡圈厚度尺寸
① 沟槽 d_1 的公差推荐按 h9 或 h10 选取
② b 为孔用 Yx 形密封圈截面厚度

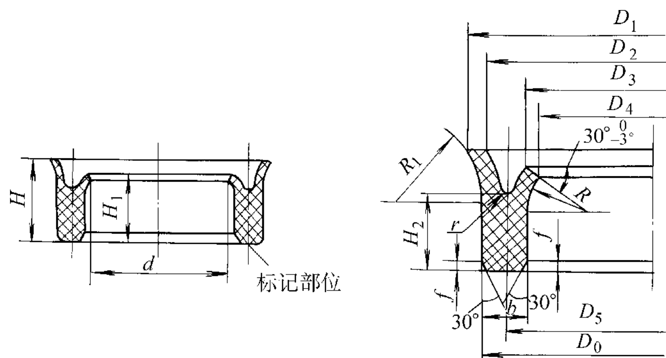
表 22.8-115　孔用 Yx 形密封挡圈型式与尺寸　（mm）



（切口式）　　（整体式）

孔用 Yx 形密封圈公称外径 D	挡圈 D_2 基本尺寸	挡圈 D_2 极限偏差	挡圈 d_2 基本尺寸	挡圈 d_2 极限偏差	挡圈 T 基本尺寸	挡圈 T 极限偏差
32	32	-0.032 -0.100	24	+0.045 0	1.5	±0.1
40 50	40 50		32 42	+0.050 0		
60 80	60 80	-0.040 -0.120	48			
			68	+0.06 0	2	±0.15
100 110	100 110	-0.050 -0.140	88 98	+0.07 0		
125	125	-0.060 -0.165	113			
160	160	-0.060 -0.165	148	-0.08 0	2	±0.15
180	180		164		2.5	
200 250	200 250	-0.075 -0.195	184 234	-0.09 0		
320	320	-0.090 -0.225	296	+0.10 0	3	±0.20
400	400	-0.105 -0.255	376	+0.12 0		

表 22.8-116 轴用 Yx 形密封圈尺寸 (mm)

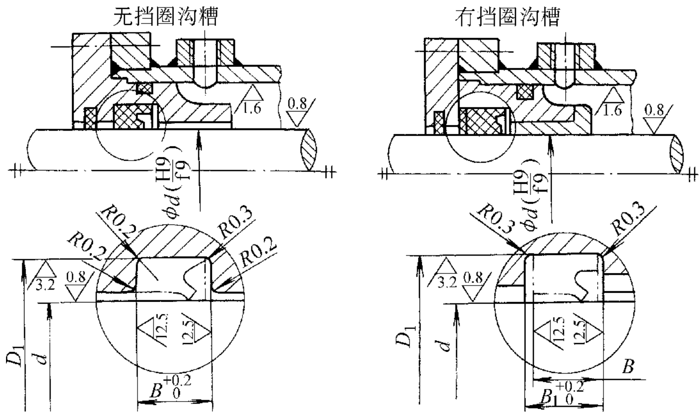


公称内径 d	D_0	b	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	H	H_1	H_2	R	R_1	r	f
22	28.2	3	29.4	27.3	22.1	20.7	25	8	7	4.6	5	14	0.3	0.7
25	31.2		32.4	30.3	25.1	23.7	28							
28	34.2		35.4	33.3	28.1	26.7	31							
30	38.2	4	40	36.3	30	28.1	33.9	10	9	6	6	15	0.5	1
32	40.2		42	38.8	32	30.1	35.9							
35	43.2		45	41.8	35	33.1	38.9							
36	44.2		46	42.8	36	34.1	39.9							
40	48.2		50	46.8	40	38.1	43.9							
45	53.2		55	51.8	45	43.1	48.9							
50	58.2		60	56.8	50	48.1	53.9							
55	63.2		65	61.8	55	53.1	58.9							
56	64.2		66	62.8	56	54.1	59.9							
60	72.3	6	74.7	69.7	60.6	57.4	65.8	14	12.5	8.5	8	22	0.7	1.5
63	75.3		77.7	72.7	63.6	60.4	68.8							
65	77.3		79.7	74.7	65.6	62.4	70.8							
70	82.3		84.7	79.7	70.6	67.4	75.8							
75	87.3		89.7	84.7	75.6	72.4	80.8							
80	92.3		94.7	89.7	80.6	77.4	85.8							
85	97.3		99.7	94.7	85.6	82.4	90.8							
90	102.3		104.7	99.7	90.6	87.4	95.8							
95	107.3		109.7	104.7	95.6	92.4	100.8							
100	112.3		114.7	109.7	100.6	97.4	105.8							
105	117.3		119.7	114.7	105.6	102.4	110.8							
110	122.3		124.7	119.7	110.6	107.4	115.8							
120	132.3		134.7	129.7	120.6	117.4	125.8							
125	137.3		139.7	134.7	125.6	122.4	130.8							
130	142.3		144.7	139.7	130.6	127.4	135.8							
140	152.3		154.7	149.7	140.6	137.4	145.8							
150	162.3		164.7	159.7	150.6	147.4	155.8							
160	172.3		174.4	169.7	160.6	157.4	165.8							

（续）

公称内径 d	D_0	b	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	H	H_1	H_2	R	R_1	r	f
170	186.4	8	189.7	183.2	170.5	166.4	177.7	18	16	10.5	10	26	1	2
180	196.4		199.7	193.2	180.5	176.4	187.7							
190	200.4		209.7	203.2	190.5	186.4	197.7							
200	216.4		219.7	213.2	200.5	196.4	207.7							
220	236.4		239.7	233.2	220.5	216.4	227.7							
250	266.4		269.7	263.2	250.5	246.4	257.7							
280	296.4		299.7	293.2	280.5	276.4	287.7							
300	316.4		319.7	313.2	300.5	296.4	307.7							
320	344.5	12	349.3	339.3	321.3	314.8	331.6	21	22	14	14	32	1.5	2.5
340	364.5		369.3	359.3	341.3	334.8	351.6							
360	384.5		389.3	379.3	361.3	354.8	371.6							
380	404.5		409.3	399.3	381.3	374.8	391.6							
400	424.5		429.3	419.3	401.3	394.8	411.6							

表 22.8-117　轴用 Yx 形密封圈沟槽尺寸　（mm）



轴用 Yx 形密封圈公称内径 d	D_1	B	B_1
22	28	9	10.5
25	31		
28	34		
30	38	12	13.5
32	40		
35	43		
36	44		
40	48		
45	53		
50	58		
55	63		
56	64		
60	72	16	18
63	75		
65	77		

轴用 Yx 形密封圈公称内径 d	D_1	B	B_1
70	82	16	18
75	87		
80	92		
85	97		
90	102		
95	107		
100	112		
105	117		
110	122		
120	132		
125	137		
130	142		
140	152		
150	162		
160	172		

轴用 Yx 形密封圈公称内径 d	D_1	B	B_1
170	186	20	22.5
180	196		
190	206		
200	216		
220	236		
250	266		
280	296		
300	316		
320	344	26.5	30
340	364		
360	384		
380	404		
400	424		

① 沟槽 D_1 的公差推荐按 H9 或 H10 选取

② 轴与孔的公差配合可按间隙值 c 选取

表 22.8-118 最大密封间隙 c 的取值

选用公差配合（间隙 c）/mm \ 胶料邵氏硬度Hs / 密封圈截面 b/mm / 工作压力/MPa	60~70		>70~80		>80~90	
	3、4、6	8、12	3、4、6	8、12	3、4、6	8、12
0~2.5	$\frac{H9}{d9}$ (0.06~0.18)	$\frac{H9}{d9}$ (0.18~0.30)	$\frac{H10}{d10}$ (0.09~0.24)	$\frac{H10}{d10}$ (0.24~0.45)	$\frac{H10}{d10}$ (0.10~0.28)	$\frac{H10}{d10}$ (0.28~0.52)
>2.5~8	$\frac{H8}{f8}$ (0.03~0.09)	$\frac{H8}{f8}$ (0.09~0.15)	$\frac{H9}{f9}$ (0.05~0.12)	$\frac{H9}{f9}$ (0.12~0.20)	$\frac{H9}{d9}$ (0.06~0.18)	$\frac{H9}{d9}$ (0.18~0.31)
>8~16	—	—	$\frac{H8}{f8}$ (0.03~0.09)	$\frac{H8}{f8}$ (0.08~0.15)	$\frac{H8}{d8}$ (0.04~0.12)	$\frac{H8}{d8}$ (0.09~0.18)
>16~31.5	—	—	—	—	$\frac{H8}{d7}$ (0.03~0.08)	$\frac{H8}{d7}$ (0.08~0.12)

注：括号中的密封间隙 c 值在选用时，密封圈直径小的取小值。

表 22.8-119 轴用 Yx 形密封圈挡圈型式与尺寸 (mm)

（切口式） （整体式）

（续）

轴用Yx形密封圈公称内径 d	挡圈					
	d_2		D_2		T	
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
22	22	+0.045 0	28	−0.025 −0.085	1.5	±0.1
25	25		31	−0.032 −0.100		
28	28		34			
30	30		38			
32	32	+0.050 0	40			
35	35		43			
36	36		44			
40	40		48			

（续）

轴用 Y_X 形密封圈公称内径 d	挡圈					
	d_2		D_2		T	
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
45	45	+0.050 0	53	−0.040 −0.120	1.5	±0.1
50	50		58			
55	55	+0.060 0	63			
56	56		64			
60	60		72		2	±0.15
63	63		75			
65	65		77			
70	70		82	−0.050 −0.140		
75	75		87			
80	80		92			
85	85	+0.070 0	97			
90	90		102			
95	95		107			
100	100		112			
105	105		117			
110	110		122	−0.060 −0.165		
120	120		132			
125	125	+0.08 0	137			
130	130		142			
140	140		152			
150	150	+0.08 0	162	−0.060 −0.165	2	±0.15
160	160		172			
170	170		186	−0.075 −0.195	2.5	
180	180		196			
190	190	+0.09 0	206			
200	200		216			
220	220		236			
250	250		266	−0.090 −0.225		
280	280	+0.10 0	296			
300	300		316			
320	320		344			
340	340		364	−0.105 −0.225		
360	360		384			
380	380	+0.12 0	404			
400	400		424			

9.4　液压缸活塞杆及活塞用脚形滑环式组合密封

脚形滑环式组合密封系脚形滑环与O形橡胶密封圈组合使用，使用于液压往复运动密封。按液压缸工作条件不同，可采用不同材质的O形橡胶密封圈及滑环。规格及适用条件见表22.8-120。

（1）型号说明

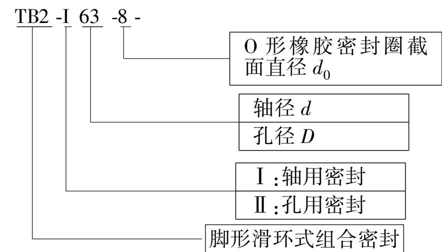
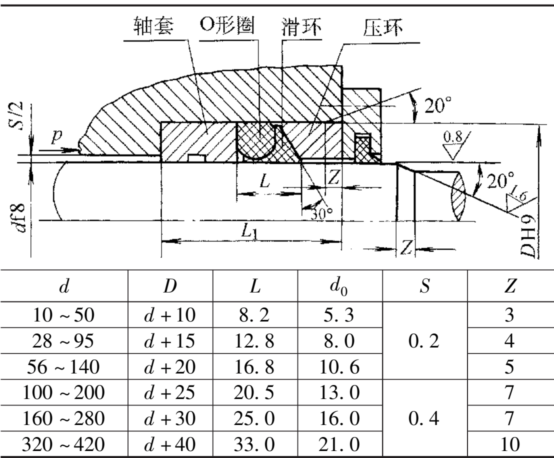


表22.8-120　规格及适用条件

规格范围 D/mm	适用条件			
	压力/MPa	温度/℃	速度/m·s^{-1}	介　质
20～500	0～100	−55～250	6	空气、氢、氧、氮、水、水-乙二醇、矿物油、酸、碱等

（2）活塞杆（轴）用脚形滑环式组合密封尺寸（TB2-Ⅰ）（见表22.8-121）

表22.8-121　活塞杆用组合密封尺寸　（mm）



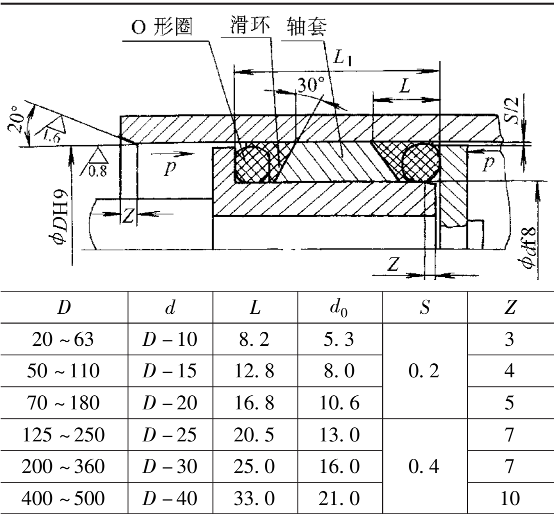
d	D	L	d_0	S	Z
10～50	d+10	8.2	5.3	0.2	3
28～95	d+15	12.8	8.0		4
56～140	d+20	16.8	10.6		5
100～200	d+25	20.5	13.0	0.4	7
160～280	d+30	25.0	16.0		7
320～420	d+40	33.0	21.0		10

注：图中 L_1 尺寸由用户按单组或多组密封自定。

（3）活塞（孔）用脚形滑环式组合密封尺寸（TB2-Ⅱ）（见表22.8-122）

表22.8-122　活塞用组合密封尺寸

（mm）



D	d	L	d_0	S	Z
20～63	D−10	8.2	5.3	0.2	3
50～110	D−15	12.8	8.0		4
70～180	D−20	16.8	10.6		5
125～250	D−25	20.5	13.0	0.4	7
200～360	D−30	25.0	16.0		7
400～500	D−40	33.0	21.0		10

注：图中 L_1 尺寸由用户自定。

9.5　轴用J型防尘圈

适用于活塞杆或阀杆等外露处防尘用的无骨架防尘圈。规格尺寸见表22.8-123。

表22.8-123　规格尺寸　(mm)

标记示例：活塞杆直径 $d=50$mm 用的J形防尘圈：
J形防尘圈50
材料：聚氨酯橡胶

d	d_1	d_2	D_1	d_1、d_2、D_1 允差	D_2	C	H 公称	H 允差	h 公称	h 允差	h_1	R	R_1	R_2
18	18.6	16.2	31.8	±0.4	24	1	6	−0.3	3	−0.2	3.8	15	4.5	1.5
20	21	17	43		30									
25	26	22	48	±0.5	35									
30	31	27	53		40									
40	41	37	63		50									
50	51	47	73		60	1.5	10	−0.5	5	−0.3	6.4	25	7	2.5
55	56	52	78		65									
60	61	57	83	±0.6	70									
70	71	67	93		80									
80	81	77	103		90									
90	91.5	85.5	124.5		105									
100	101.5	95.5	134.5	±0.8	115									
110	111.5	105.5	144.5		125									
120	121.5	115.5	154.5		135									
140	141.5	135.5	174.5		155	2.3	15	−0.7	7.5	−0.5	9.4	37.5	11	3.5
160	161.5	155.5	194.5	±1	175									
180	181.5	175.5	214.5		195									
200	201.5	195.5	234.5	±1.2	215									

10　常用阀门

10.1　高压球阀

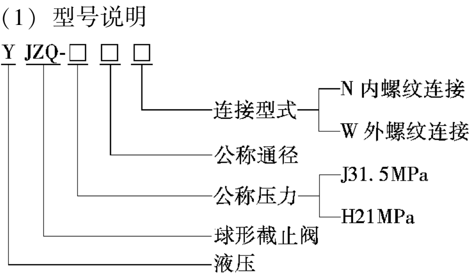
10.1.1　YJZQ型高压球阀

本阀适用于液压系统压力管路上，作启闭用。

适用介质：液压油、水-乙二醇。

工作温度：−20～65℃。

(1) 型号说明



(2) 内螺纹连接尺寸(见表22.8-124)

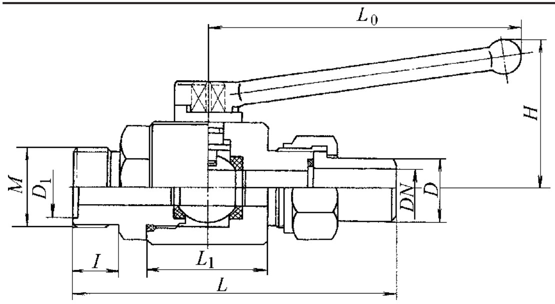
表22.8-124　连接尺寸　(mm)

（续）

型　　号	M	G	B	H	h	h_1	L	L_2	S	L_0
YJZQ-J10N	M18×1.5	3/8	32	36	18	72	78	14	27	120
YJZQ-J15N	M22×1.5	1/2	35	40	19	87	86	16	30	120
YJZQ-J20N	M27×2	3/4	48	55	25	96	108	18	41	160
YJZQ-J25N	M33×2	1	58	65	30	116	116	20	50	160
YJZQ-J32N	M42×2	1¼	76	84	38	141	136	22	60	200
YJZQ-H40N	M48×2	1½	88	98	45	165	148	24	75	250
YJZQ-H50N	M64×2	2	98	110	52	180	180	26	85	300

（3）外螺纹连接尺寸（见表 22.8-125）

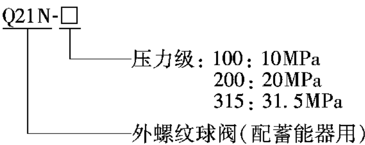
表 22.8-125　连接尺寸　　（mm）



型　　号	M	尺　　寸						
		D	D_1	L	L_1	H	I	L_0
YJZQ-J10W	M27×1.5	18	20	154	42	58	16	120
YJZQ-J15W	M30×1.5	22	22	166	48	68	18	120
YJZQ-J20W	M36×2	28	28	174	60	72	18	160
YJZQ-J25W	M42×2	34	35	212	64	86	20	160
YJZQ-J32W	M52×2	42	40	230	76	103	22	200
YJZQ-H40W	M64×2	50	50	250	84	120	24	250
YJZQ-H50W	M72×2	64	60	294	108	128	26	300

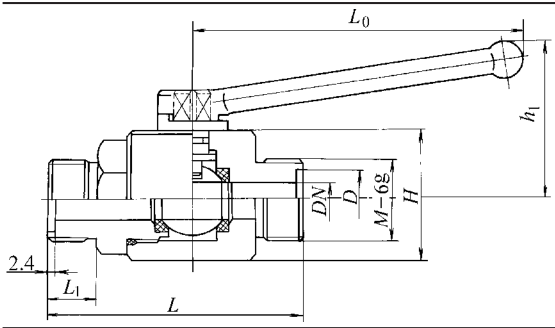
10.1.2　Q21N 型外螺纹球阀

（1）型号说明



（2）外形尺寸（见表 22.8-126）

表 22.8-126　外形尺寸　　（mm）



（续）

公称通径 DN	M	H	L_1	L	D	h_1	L_0	配蓄能器用
25	M42×2	70	22	112	35	86	160	NXQ-L 1.6-6.3/※-H
32	M52×2	85	24	135	40	103	200	NXQ-L 10-40/※-H
40	M64×2	100	26	155	50	120	250	NXQ-L 40-100/※-H
50	M72×2	110	28	180	60	128	300	NXQ-L 40-150/※-H

注：生产厂：奉化市中亚液压成套制造有限公司、奉化液压件二厂。

10.2　JZFS 系列高压截止阀

本阀适用于液压系统压力等各种管路上作截止和节流阀用。

工作温度：－20～65℃。

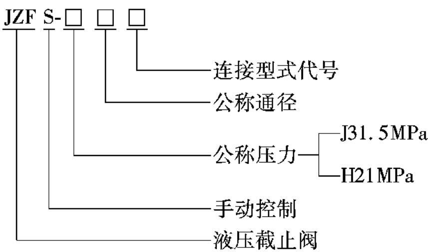
公称压力：31.5MPa。

适用介质：液压油、水-乙二醇。

试验压力：48MPa。

（1）型号说明（见表 22.8-127）

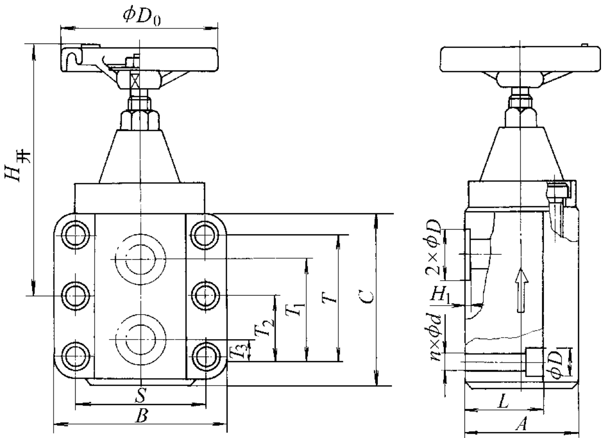
表 22.8-127　型号说明



连接型式	代　号	连接型式	代　号
垂直板式	BⅠ	直通普通螺纹	LTM
水平板式	BⅡ	直角普通螺纹	LJM
板式法兰	BF	焊接法兰	FH
法兰板式	FB		

（2）垂直板式截止阀(见表22.8-128)

表22.8-128 垂直板式截止阀 （mm）



型　号	A	B	C	D	D_0	D_1	$n\times\phi d$	L	$H_开$	H_1	T	T_1	T_2	T_3	S
JZFS-J10BⅠ	65	90	86	22	100	17	$4\times\phi11$	40	170	1.8	42.9	35.7	—	7.1	66.7
JZFS-J20BⅠ	72	105	103	32	120	17	$4\times\phi11$	48	190	2.4	60.3	49.2	—	11.1	79.4
JZFS-J32BⅠ	82	120	120	40	140	17	$6\times\phi11$	55	215	2.4	84.1	67.5	42.1	16.7	96.8

（3）水平板式截止阀(见表22.8-129)

（4）板式、法兰截止阀(见表22.8-130)

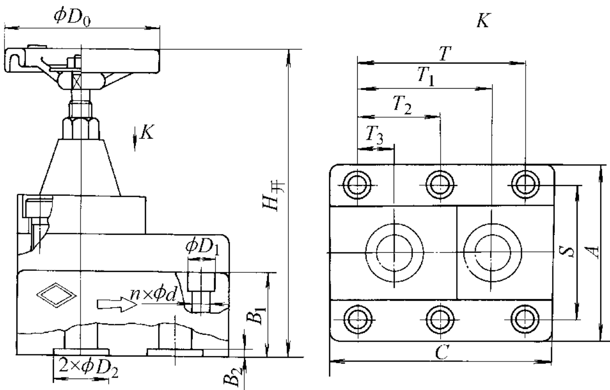
（5）法兰、板式截止阀(见表22.8-131)

（6）直通式内螺纹截止阀(见表22.8-132)

（7）直角式内螺纹截止阀(见表22.8-133)

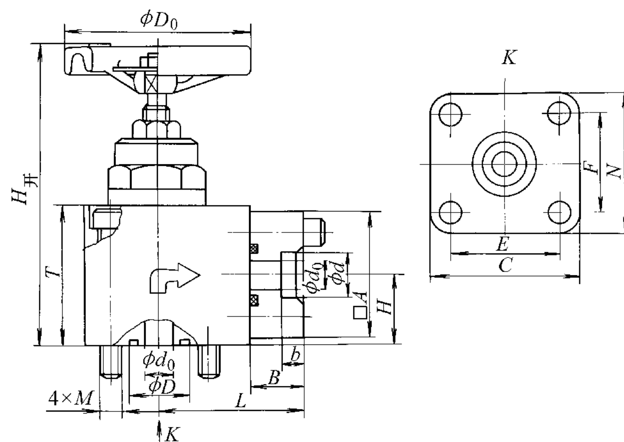
（8）焊接法兰式截止阀(见表22.8-134)

表22.8-129 水平板式截止阀



型　号	A	B_1	B_2	C	D_0	D_1	$n\times\phi d$	D_2	S	T	T_1	T_2	T_3	$H_开$
JZFS-J10BⅡ	90	30	1.8	77	100	17	$4\times\phi11$	22	66.7	42.9	35.7		7.1	158
JZFS-J20BⅡ	105	36	2.4	100	120	17	$4\times\phi11$	32	79.4	60.3	49.2		11.1	182
JZFS-J32BⅡ	120	45	2.4	122	140	17	$6\times\phi11$	40	96.8	84.1	67.5	42.1	16.7	204

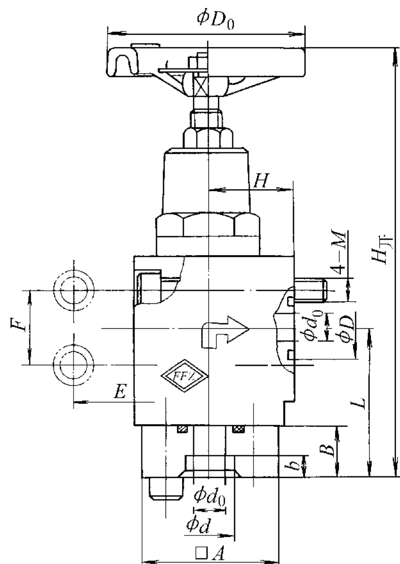
表 22.8-130　板式、法兰截止阀　(mm)



型　号	$H_开$	D_0	b	B	L	H	C	N	E	F	T	d_0	d	D	M	A
JZFS-J10BF	154	80	9	20	64	30	64	60	48	42	55	10	18.5	22	8	50×50
JZFS-J20BF	205	120	12	22	80	43	80	80	56	56	76	18	28.5	35	12	65×65
JZFS-J32BF	246	140	16	28	100	56	100	100	73	73	100	30	43	45	16	85×85

表 22.8-131　法兰、板式截止阀

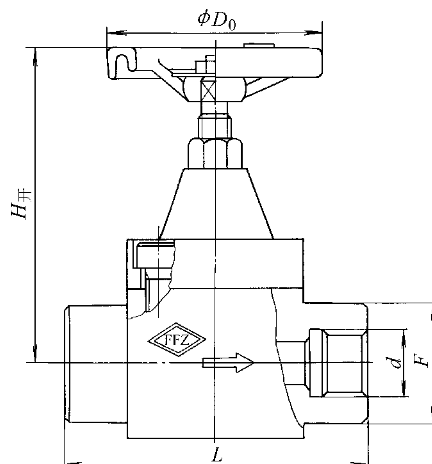
(mm)



型　号	L	B	b	H	E	F	d
JZFS-J10FB	54	20	9	32	50	20	18.5
JZFS-J20FB	67	22	12	45	65	35	28.5
JZFS-J32FB	87	28	16	60	92	42	43
型　号	d_0	D	M	$H_开$	D_0	A	
JZFS-J10FB	10	22	8	176	80	50×50	
JZFS-J20FB	18	35	12	225	120	65×65	
JZFS-J32FB	30	45	16	281	140	85×85	

表 22.8-132　直通式内螺纹截止阀

(mm)



型　号	d	L	F	$H_开$	D_0
JZFS-J10LTM	M18×1.5	80	36	122	80
JZFS-J15LTM	M22×1.5	100	40	130	80
JZFS-J20LTM	M27×2	115	50	158	100
JZFS-J25LTM	M33×2	135	58	178	140
JZFS-J32LTM	M42×2	145	68	202	140
JZFS-H40LTM	M48×2	155	76	226	160
JZFS-H50LTM	M64×2	190	90	250	180

表 22.8-133　直角式内螺纹截止阀

(mm)

型　号	d	$b_1 \times b_2$	F	K	K_1	L	$H_开$	D_0
JZFS-J10LJM	M18×1.5	50×50	36	40	37	18	122	80
JZFS-J15LJM	M22×1.5	55×60	40	45	45	18	130	100
JZFS-J20LJM	M27×2	60×65	50	50	50	20	158	140
JZFS-J25LJM	M33×2	65×75	58	55	60	22	178	140
JZFS-J32LJM	M42×2	75×85	68	60	65	24	202	140
JZFS-J40LJM	M48×2	85×90	76	70	75	26	226	160

表 22.8-134　焊接法兰式截止阀

(mm)

(续)

型　号	L	L_1	B	b	d
JZFS-J10FH	110	70	20	9	18.5
JZFS-J15FH	120	80	20	11	22.5
JZFS-J20FH	130	86	22	12	28.5
JZFS-J25FH	160	110	25	14	35
JZFS-J32FH	180	124	28	16	43
JZFS-H40FH	200	140	30	16	52
JZFS-H50FH	214	150	32	18	65.5
JZFS-H65FH	260	180	40	22	78
JZFS-H80FH	330	240	45	25	91

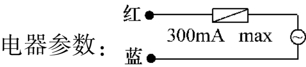
型　号	d_0	$H_开$	D_0	A
JZFS-J10FH	12	122	80	50×50
JZFS-J15FH	15	130	80	55×55
JZFS-J20FH	18	158	100	65×65
JZFS-J25FH	24	178	140	75×75
JZFS-J32FH	30	202	140	85×85
JZFS-H40FH	38	226	160	90×90
JZFS-H50FH	48	250	180	100×100
JZFS-H65FH	60	275	220	130×130
JZFS-H80FH	70	312	280	150×150

10.3　DD71X 型开闭发信器蝶阀

(1) 用途及性能规范

本阀适用于液压系统、化工、石油等管道上，作启闭作用，可适用于以下介质：水-乙二醇、水、油品等。

开闭发讯器，当蝶阀未全部打开时接近开关不动作。只有在蝶阀打开至(90°)状态时接近开关动作，从而向管道提供开启保护。

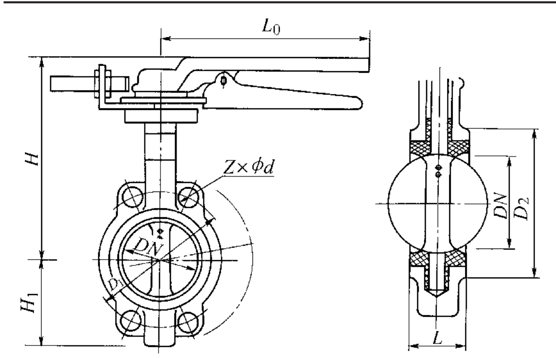
电器参数：

接近开关：JM18L-Y8AK

AC90V-250V

(2) 外形尺寸(见表 22.8-135)

表 22.8-135 外形尺寸 (mm)



DD71×-16C(带发信器)

DN	L	H	H_1	D_2	D_1	$Z\times\phi d$	L_0
50	43	140	72	100	125	$4\times\phi18$	240
65	46	152	80	120	145	$4\times\phi18$	240
80	46	158	86	127	160	$4\times\phi18$	240
100	52	175	100	156	180	$4\times\phi18$	240
125	56	190	113	190	210	$4\times\phi18$	345
150	56	205	131	212	240	$4\times\phi23$	345
200	60	221	150	268	295	$4\times\phi23$	345

10.4 D71X-16 对夹式手动蝶阀

(1) 技术参数

公称通径：DN50～DN150。

公称压力：PN≤1.6MPa。

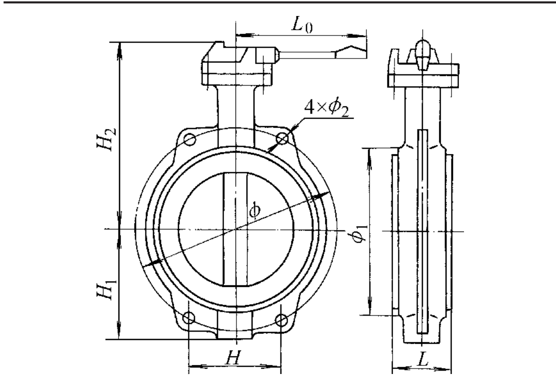
使用温度：正常-30～150℃，瞬时可达205℃。

适用介质：水、油、气、酸、碱、盐等。

(2) 规格及外形尺寸(见表22.8-136)

表 22.8-136 规格及外形尺寸

(mm)



(续)

规格 DN	H	H_1	H_2	ϕ	ϕ_1	ϕ_2	L_0	L	重量 /kg
40		69	90	110	84	20	202	36	3.4
50	88.4	80	181	125	93	20	225	43	4.2
65	102.5	89	190	145	111	20	225	46	4.8
80	61.2	95	197	160	127	20	225	46	5.2
100	68.9	114	209	180	153	20	379	52	6.5
125	89.4	127	222	210	180	20	379	56	8
150	91.8	139	234	240	207	25	379	56	10

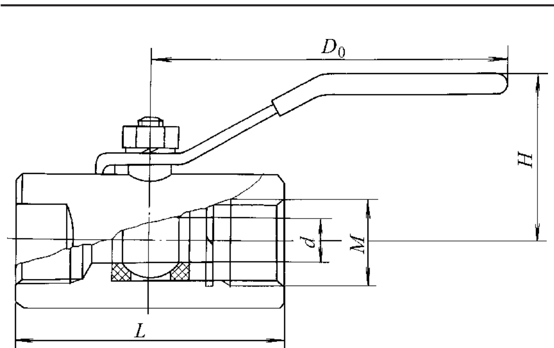
10.5 低压内螺纹直通式球阀

(1) 型号

Q11F-16

(2) 外形尺寸(见表22.8-137)

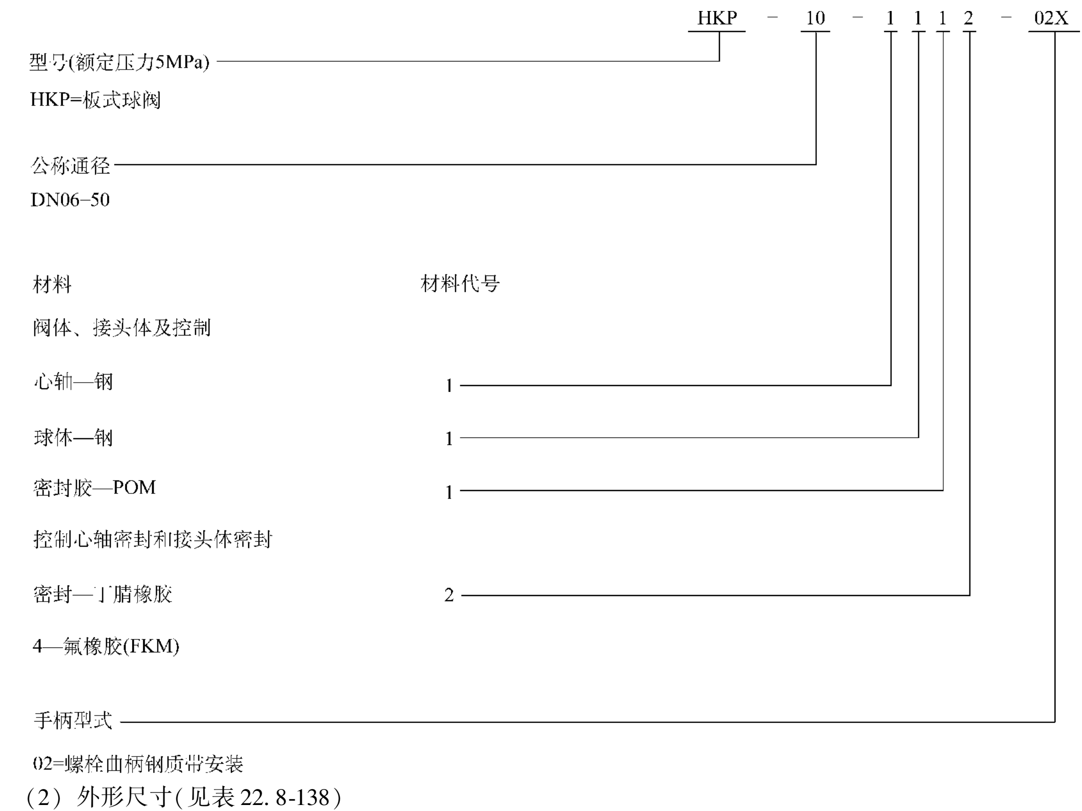
表 22.8-137 外形尺寸 (mm)



公称通径 DN	d	M/in	H	L	D_0
10	6.5	3/8	58	60	105
15	9.5	1/2	58	65	105
20	12.5	3/4	62	75	120
25	17	1	68	80	120
32	22	11/4	75	95	140
40	26	11/2	86	110	180
50	33	2	98	130	200

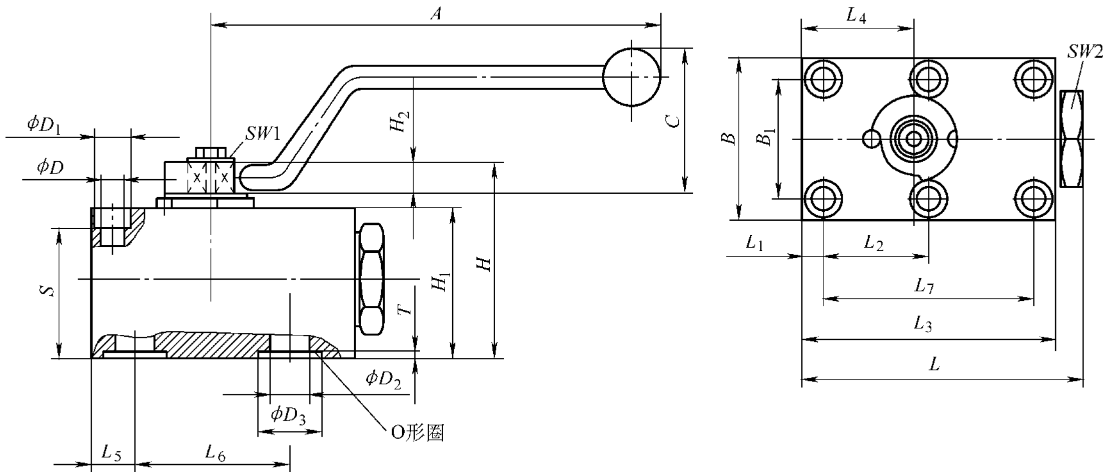
10.6 HKP 型板式球阀

(1) 型号说明



（2）外形尺寸(见表 22. 8-138)

表 22. 8-138　HKP 型板式球阀外形尺寸　　　　(mm)



DN	*L*	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	*B*	B_1	*SW*1	*A*	*C*
06	64	8. 5	17. 5	59	25	8. 5	35	35	40	27	06	60	23
10	80	7. 5	27. 5	70	29	10	44	35	55	40	09	108	28
16	110	8. 5	41. 5	100	44. 5	17	58	83	6	45	12	163	52
20	127	10	48. 5	117	51	20	69	97	70	51	14	183	54
25	145	10	57. 5	135	62	24	81	115	80	60	14	183	54

（续）

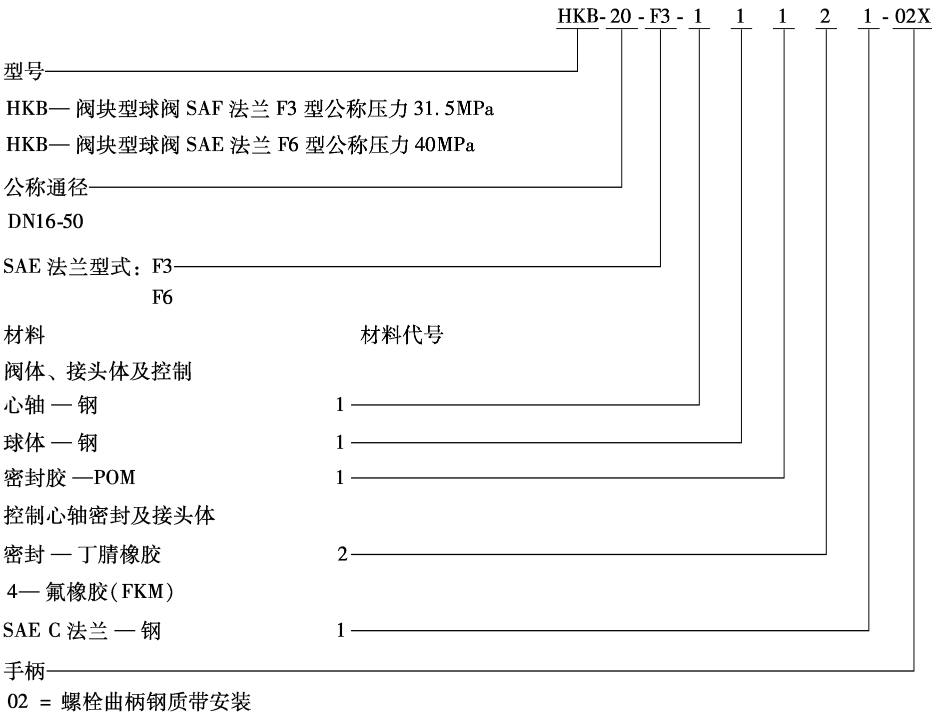
DN	*L*	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	*B*	B_1	*SW*1	*A*	*C*
32	176	12	68	165	75	29	96	136	100	78	17	228	80
40	205	28.5	56	180	85	28.5	112	112	130	95	17	228	80
50	245	38.0	68	220	106	38	136	136	149	112	17	228	80

DN	*SW*2	*H*	H_1	H_2	*D*	D_1	D_2	D_3	*T*	*S*	O 形圈	重量 /kg	额定压力 /$\times 10^5$Pa
6	30	37.5	30	7	6.6	11	6	11.7	1.6	23	8×2	0.6	500
10	36	58	45	8.5	9	14	9.5	15	2	36	10×2.6	1.2	350
16	41	72.5	55	11	9	14	16	25	2	46	20.29×2.62	2.1	350
20	40	88.5	70	11	10.5	16.5	20	30	2.9	59.5	23.39×3.53	3.7	350
25	50	97.5	80	11	10.5	17	23.5	35	2.9	69	28.17×3.53	5.6	350
32	65	118.5	100	12	13	19	32	39.4	2.9	84	32.92×3.53	10.9	350
40	—	118.5	100	12	17.5	26	38	48.4	2.9	82.5	42×3.5	17.5	350
50	—	129	100	12	22	33	48	55.4	2.9	88.5	49×3.5	24.5	350

生产厂：上海德艺宝机械制造有限公司。

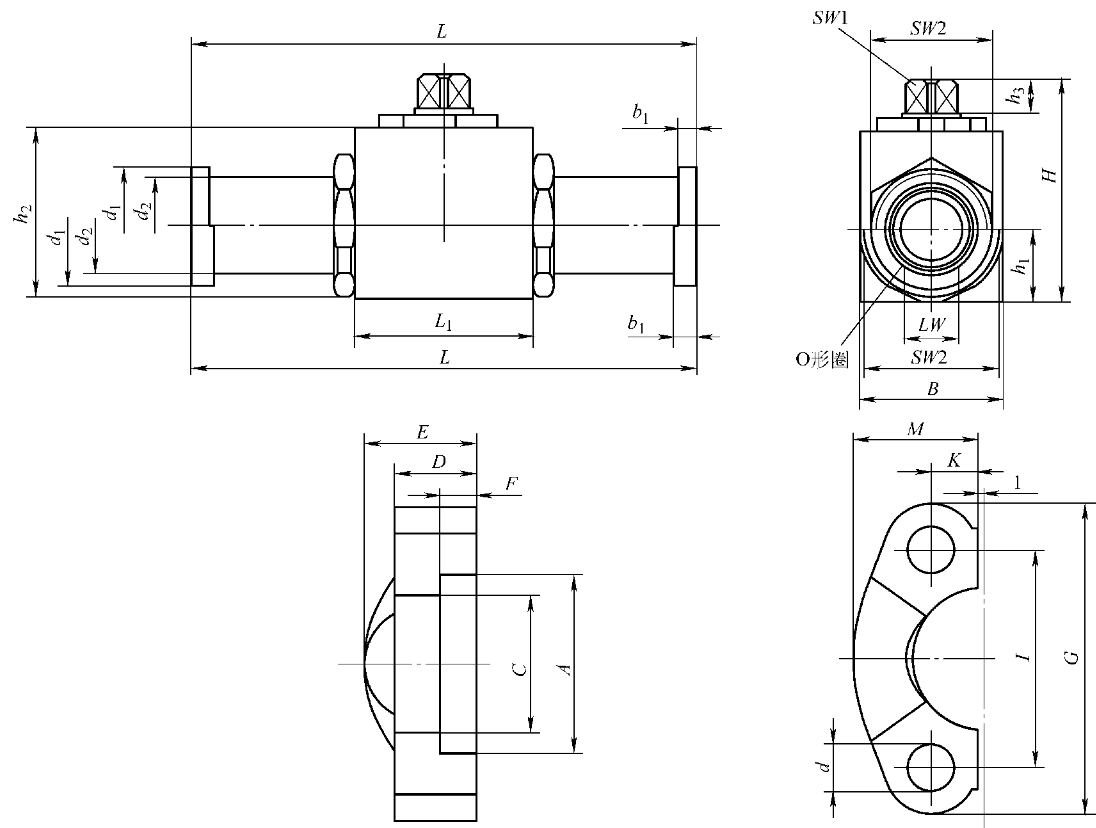
10.7　阀块型 SAE 法兰球阀

（1）型号说明



（2）型号、规格及外形尺寸(见表22.8-139）

表22.8-139 阀块型SAE法兰球阀型号、规格及外形尺寸 （mm）



型　号	SAE规格	DN	LW	L	L_1	H	h_1	h_2	h_3	B
HKB-16-F3	3/4″	16	16	170	47	62	19	45	11	38
HKB-20-F3	3/4″	20	19	170	60	75	24.5	57	11	48
HKB-25-F3	1″	25	25	176.5	65	82	28.5	64	11	57

型　号	b_1	d_1	d_2	SW1	SW2	O形圈
HKB-16-F3	6.8	38.1	31.5	12	32	24.99×3.53
HKB-20-F3	6.8	38.1	31.5	14	41	24.99×3.53
HKB-25-F3	8	44.45	38	14	50	32.92×3.53

型　号	A	C	D	E	F	M	K	I	G	d
HKB-16-F3	38.9	32.2	14	22	6.2	24.9	10	47.6	65	10.5
HKB-20-F3	38.9	32.2	14	22	6.2	24.9	10	47.6	65	10.5
HKB-25-F3	45.3	38.5	16	22	7.5	28.2	12	52.4	70	10.5

型　号	SAE规格	DN	LW	L	L_1	H	h_1	h_2	h_3	B
HKB-16-F6	3/4″	16	16	170	47	62	19	45	11	38
HKB-20-F6	3/4″	20	19	170	60	75	24.5	57	11	48
HKB-25-F6	1″	25	25	198.5	65	82	28.5	64	11	57

（续）

型　号	b_1	d_1	d_2	$SW1$	$SW2$	O 形 圈			
HKB-16-F6	8.8	41.3	32	12	32	24.99×3.53			
HKB-20-F6	8.8	41.3	32	14	46	24.99×3.53			
HKB-25-F6	9.5	47.6	38	14	50	32.92×3.53			
型　号	A	C	D	E	F	M	K	I	G	d
HKB-16-F6	42	32.5	19	28	8.2	29	11	50.8	72	10.5
HKB-20-F6	42	32.5	19	28	8.2	29	11	50.8	72	10.5
HKB-25-F6	48.4	38.9	24	33	9	33.8	13	57.2	81	13

生产厂：上海德艺宝机械制造有限公司。

10.8　KHB 高压球阀

（1）结构图(见图 22.8-40)

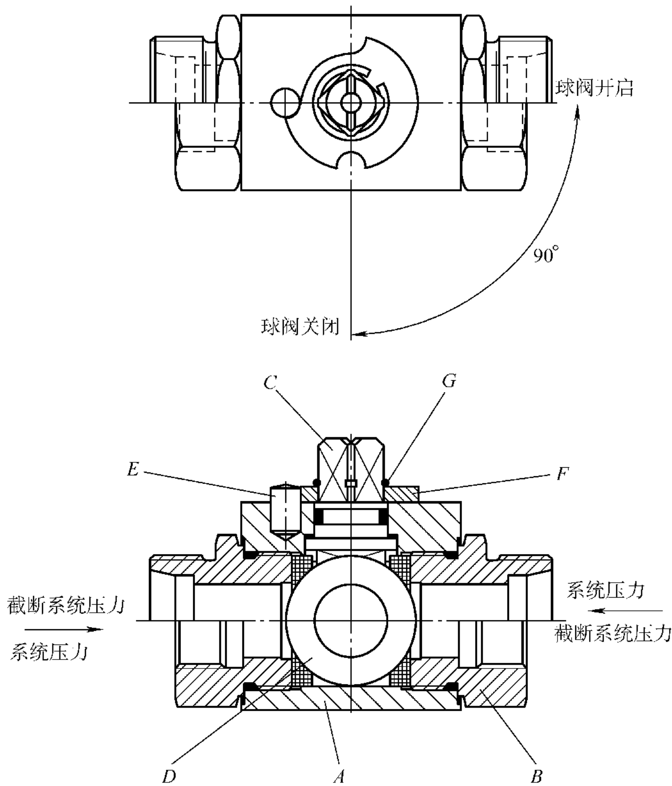


图 22.8-40　结构图

A—阀体　B—接头体　C—控制心轴　D—球体

E—紧定螺钉(限位柱销)　F—限位垫　G—挡环

（2）型号说明

KHB - G1/2 - 1212 - 01 X - •

型式
KHB = 阀块型球阀 DN04-25
KHM = 袖套型球阀 DN-32-50
连接型式
螺纹规格或管子外径和连接型式

材料	材料代号
阀体，接头体和控制心轴(钢)	1
球体(黄铜)DN 04-25 1 =(钢)DN 32-50	2
密封碗(POM)	1
控制心轴密封和接头体密封 采用丁腈橡胶(NBR) 4 = 氟橡胶(FKM)	2

手柄型式
01 = 铝质抱箍式手柄，直柄(AG)
　DN 12-50
02 = 铝质抱箍式手柄，曲柄(AK)
　DN 12-50
03 = 铸锌抱箍式手柄，直柄(ZG)
　DN 04-10,13
04 = 铸锌带安装螺栓的手柄，曲柄(ZK)
　DN 04-10,13
06 = 钢质带安装螺栓的手柄，曲柄(SK)
　DN 12-50
09 = 无手柄
系列
(制造商定)
表面防护
无 = 磷化
G = 镀黄锌

(3) 标准型号(见表 22.8-140)

表 22.8-140　标准型号

连 接 型 式	管子外径和螺纹规格	公称通径	工作压力 PN/MPa	订货代号 = 仓储代号	重量/kg
符合 ISO 228 的螺纹 G	KHB-G 1/8-1112-03 ×	04	50	855304	0.38
	KHB-G 1/8-1112-04 ×	04	50	397593	0.34
	KHB-G 1/8-1112-09 ×	04	50	397605	0.29
	KHB-G 1/4-1112-03 ×	06	50	855305	0.41
	KHB-G 1/4-1112-04 ×	06	50	397595	0.37
	KHB-G 1/4-1112-09 ×	06	50	397607	0.32
	KHB-G 3/8-1112-03 ×	10	50	854360	0.55
	KHB-G 3/8-1112-04 ×	10	50	397598	0.51
	KHB-G 3/8-1112-09 ×	10	50	397609	0.46

（续）

连 接 型 式	管子外径和螺纹规格	公称通径	工作压力 *PN*/MPa	订货代号 = 仓储代号	重量/kg
符合 ISO 228 的螺纹 G	KHB-G 1/2-1112-03×-SW09	13	50	854326	0.67
	KHB-G 1/2-1112-04×-SW09	13	50	397716	0.64
	KHB-G 1/2-1112-09×-SW09	13	50	397730	0.59
	KHB-G 1/2-1112-01×	16	40	855308	0.77
	KHB-G 1/2-1112-02×	16	40	397600	0.76
	KHB-G 1/2-1112-06×	16	40	854361	0.96
	KHB-G 1/2-1112-09×	16	40	397611	0.70
	KHB-G 3/4-1112-01×	20	31.5	855309	1.40
	KHB-G 3/4-1112-02×	20	31.5	397601	1.40
	KHB-G 3/4-1112-06×	20	31.5	700898	1.56
	KHB-G 3/4-1112-09×	20	31.5	397613	1.30
	KHB-G 1-1112-01×	25	31.5	855310	2.13
	KHB-G 1-1112-02×	25	31.5	397602	2.13
	KHB-G 1-1112-06×	25	31.5	700899	2.29
	KHB-G 1-1112-09×	25	31.5	397615	2.03
符合 DIN 2353 轻载系列的管螺纹连接 LR	KHB-06LR-1112-03×	04	50	397524	0.35
	KHB-06LR-1112-04×	04	50	397618	0.31
	KHB-06LR-1112-09×	04	50	854722	0.26
	KHB-08LR-1112-03×	06	50	854829	0.35
	KHB-08LR-1112-04×	06	50	397621	0.31
	KHB-08LR-1112-09×	06	50	854723	0.26
	KHB-10LR-1112-03×	08	50	397525	0.52
	KHB-10LR-1112-04×	08	50	397624	0.48
	KHB-10LR-1112-09×	08	50	854724	0.43
	KHB-12LR-1112-03×	10	50	854734	0.52
	KHB-12LR-1112-04×	10	50	854378	0.48
	KHB-12LR-1112-09×	10	50	854725	0.43
	KHB-15LR-1112-03×-SW09	13	50	854834	0.62
	KHB-15LR-1112-04×-SW09	13	50	700954	0.59
	KHB-15LR-1112-09×-SW09	13	50	854726	0.54
	KHB-15LR-1112-01×	12	40	397526	0.71
	KHB-15LR-1112-02×	12	40	397627	0.70
	KHB-15LR-1112-06×	12	40	854837	0.90
	KHB-15LR-1112-09×	12	40	854727	0.64
	KHB-18LR-1112-01×	16	40	397527	0.70
	KHB-18LR-1112-02×	16	40	397629	0.70
	KHB-18LR-1112-06×	16	40	854838	0.90
	KHB-18LR-1112-09×	16	40	397640	0.63
	KHB-22LR-1112-01×	20	31.5	397528	1.35
	KHB-22LR-1112-02×	20	31.5	397632	1.35
	KHB-22LR-1112-06×	20	31.5	854841	1.51
	KHB-22LR-1112-09×	20	31.5	854729	1.25

（续）

连 接 型 式	管子外径和螺纹规格	公称通径	工作压力 PN/MPa	订货代号 = 仓储代号	重量/kg
符合 DIN 2353 轻载系列的管螺纹连接 LR	KHB-28LR-1112-01 ×	25	31.5	397529	1.64
	KHB-28LR-1112-02 ×	25	31.5	397634	1.64
	KHB-28LR-1112-06 ×	25	31.5	854843	1.80
	KHB-28LR-1112-09 ×	25	31.5	854730	1.54
连接型式符合 DIN 2353 重载系列的管螺纹连接 SR	KHB-08SR-1112-03 ×	04	500	397530	0.37
	KHB-08SR-1112-04 ×	04	500	397645	0.33
	KHB-08SR-1112-09 ×	04	500	854732	0.28
	KHB-10SR-1112-03 ×	06	500	854830	0.41
	KHB-10SR-1112-04 ×	06	500	397648	0.37
	KHB-10SR-1112-09 ×	06	500	854733	0.32
	KHB-12SR-1112-03 ×	08	500	854833	0.54
	KHB-12SR-1112-04 ×	08	500	397651	0.50
	KHB-12SR-1112-09 ×	08	500	854761	0.45
	KHB-16SR-1112-03 × -SW09	13	500	854835	0.64
	KHB-16SR-1112-04 × -SW09	13	500	397725	0.60
	KHB-16SR-1112-09 × -SW09	13	500	854763	0.55
	KHB-16SR-1112-01 ×	12	400	397532	0.72
	KHB-16SR-1112-02 ×	12	400	397655	0.72
	KHB-16SR-1112-06 ×	12	400	854839	0.92
	KHB-16SR-1112-09 ×	12	400	854764	0.65
	KHB-20SR-1112-03 × -SW09	13	500	854836	0.69
	KHB-20SR-1112-04 × -SW09	13	500	397728	0.66
	KHB-20SR-1112-09 × -SW09	13	500	854765	0.61
	KHB-20SR-1112-01 ×	16	400	397533	0.74
	KHB-20SR-1112-02 ×	16	400	397658	0.74
	KHB-20SR-1112-06 ×	16	400	854840	0.94
	KHB-20SR-1112-09 ×	16	400	854766	0.67
	KHB-25SR-1112-01 ×	20	315	397534	1.42
	KHB-25SR-1112-02 ×	20	315	397661	1.42
	KHB-25SR-1112-06 ×	20	315	854842	1.58
	KHB-25SR-1112-09 ×	20	315	854767	1.32
	KHB-30SR-1112-01 ×	25	315	397535	1.97
	KHB-30SR-1112-02 ×	25	315	397663	1.97
	KHB-30SR-1112-06 ×	25	315	854844	2.13
	KHB-30SR-1112-09 ×	25	315	854768	1.87
符合 JB/T 966—2005 标准外螺纹 M 注：配用 JB/T 966—2005 标准螺母和标准接管，以及 JB/ZQ 4224—2006 标准 O 形密封圈	KHB-M12 × 1.25-1112 × 03 ×	04	500	391524C	0.39
	KHB-M12 × 1.25-1112 × 04 ×	04	500	397618C	0.35
	KHB-M16 × 1.5-1112 × 03 ×	06	500	854829C	0.42
	KHB-M16 × 1.5-1112 × 04 ×	06	500	397621C	0.38

（续）

连 接 型 式	管子外径和螺纹规格	公称通径	工作压力 PN/MPa	订货代号＝仓储代号	重量/kg
符合 JB/T 966—2005 标准外螺纹 M 注：配用 JB/T 966—2005 标准螺母和标准接管，以及 JB/ZQ 4224—2006 标准 O 形密封圈	KHB-M22×1.5-1112×03×	08	500	397525C	0.53
	KHB- M22×1.5-1112×04×	08	500	397624C	0.49
	KHB-M27×1.5-1112×03×	10	500	854734C	0.56
	KHB-M27×1.5-1112×04×	10	500	854378C	0.52
	KHB-M30×1.5-1112×01×	16	400	397527C	0.78
	KHB-M30×1.5-1112×02×	16	400	397629C	0.77
	KHB-M30×1.5-1112×06×	16	400	854838C	0.97
	KHB-M36×2-1112×01×	20	315	397528C	1.41
	KHB-M36×2-1112×02×	20	315	397632C	1.41
	KHB-M36×2-1112×06×	20	315	854841C	1.57
	KHB-M42×2-1112×01×	25	315	397529C	2.14
	KHB-M42×2-1112×02×	25	315	397634C	2.14
	KHB-M42×2-1112×06×	25	315	854843C	2.30

（4）结构型式

截断装置是一球体。

（5）连接型式

符合 ISO 228 的内螺纹；符合 DIN 2353 轻载和重载的管螺纹。

（6）安装位置(任选)

（7）重量(见表 22.8-140)

（8）流动方向(任选)

（9）环境温度(－10～80℃)

（10）材料

阀体、接头体、控制手柄、芯轴采用钢质，表面磷化或镀黄锌(适用 DN 04-25)；阀体接头体和控制芯轴采用钢质，表面磷化(适用 DN 32-50)：球体采用黄铜镀硬铬(适用 DN 04-25)；球体采用钢制镀硬铬钢(适用 DN 32-50)；软密封采用优质复合材料(POM)。球体密封采用丁腈橡胶(NBR)或氟橡胶(viton)。手柄 SW09 采用铸锌、镀锌(适用 DN 04-10，13)；曲柄 SW12-17 采用铝质，阳极化呈红色或采用镀锌钢(适用于 DN 12-50)

（11）液压参数

1）工作压力见表 22.8-140。

2）工作介质符合 DIN 51524 的第 1 部分和第 2 部分的矿物油(其他介质请咨询)。

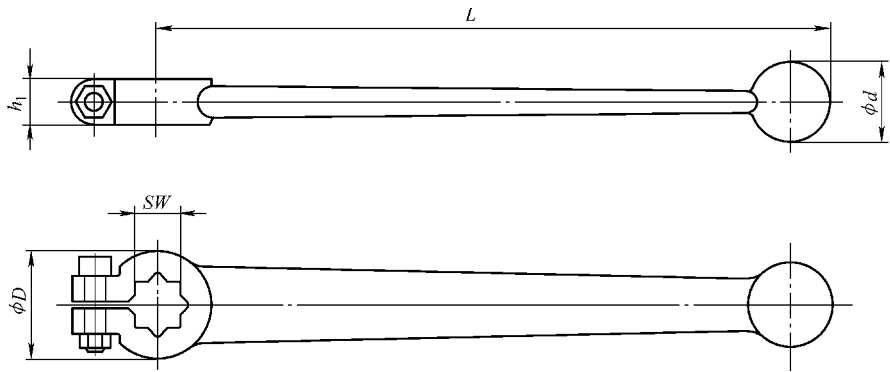
3）工作介质温度：－10～80℃。

（12）尺寸

1）手柄

① 直柄(抱箍式)尺寸见表 22.8-141。

表 22.8-141　尺寸　（mm）



（续）

L	ϕD	ϕd	h_1	SW	球阀公称通径	型 号	订货代号 = 库存代号
150	22	15	10	09	0.4～10.13	03(ZG)	559419
175	28	22	12	12	12～16	01(AG)	270100
200	32	24	12	14	20～25	01(AG)	270101
240	36	26	14	1	32～50	01(AG)	270311

② 装配说明：抱箍式手柄压套在球阀芯轴上并用手柄头部的螺钉将手柄卡紧在芯轴上。

	SW 09	SW 12	SW 14	SW 17
扭矩/N·m	3	3	5	7

2）球阀(见表22.8-142)

表22.8-142 球阀尺寸 (mm)

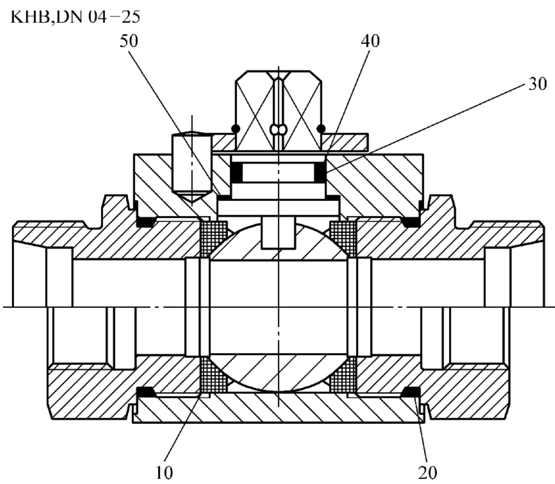
连接型式	型 号	DN	LW	RA	d_1	l	L	L_1	B	H	h_1	h_2	h_3	$SW1$	$SW2$
(图：d_1, l, $SW2$)	KHB-G1/8	04	06		G1/8	10	69	35	25	48	13	35	8	09	19
	KHB-G1/4	06	06		G1/4	14	69	35	25	48	13	35	8	09	22
	KHB-G3/8	10	10		G3/8	14	72	42	32	53	17	40	8	09	27
	KHB-G1/2	13	12		G1/2	16	83	47	35	53	17	40	8	09	30
	KHB-G1/2	16	15		G1/2	16	83	47	38	62	19	45	11	12	32
	KHB-G3/4	20	20		G3/4	18	95	60	48	75	24.5	57	11	14	41
	KHB-G1	25	25		G1	20.5	113	65	57	82	28.5	64	11	14	50
	KHB-G2	50	48		G2	26	140	100	105	131.2	52.5	112.7	12	17	80
(图：24°, d_1, RA, l, $SW2$)	KHB-06LR	04	04	06	M12×1.5	10	67	35	25	48	13	35	8	09	19
	KHB-08LR	06	06	08	M14×1.5	10	67	35	25	48	13	35	8	09	19
	KHB-10LR	08	08	10	M16×1.5	11	74	42	32	53	17	40	8	09	27
	KHB-12LR	10	10	12	M18×1.5	11	74	42	32	53	17	40	8	09	27
	KHB-15LR	13	12	15	M22×1.5	12	82	47	35	53	17	40	8	09	30
	KHB-15LR	12	12	15	M22×1.5	12	82	47	38	62	19	45	11	12	32
	KHB-18LR	13	12	18	M26×1.5	12	82	47	35	53	17	40	8	09	30
	KHB-18LR	16	15	18	M26×1.5	12	82	47	38	62	19	45	11	12	32
	KHB-22LR	20	19	22	M30×2	14	101	60	48	75	24.5	57	11	14	41
	KHB-28LR	25	24	28	M36×2	14	108	65	57	82	28.5	64	11	14	50

（续）

连 接 型 式	型　号	DN	LW	RA	d_1	l	L	L_1	B	H	h_1	h_2	h_3	$SW1$	$SW2$
	KHB-08SR	04	05	08	M16×1.5	12	73	35	25	48	13	35	8	09	19
	KHB-10SR	06	06	10	M18×1.5	12	73	35	25	48	13	35	8	09	19
	KHB-12SR	08	08	12	M20×1.5	12	76	42	32	53	17	40	8	09	27
	KHB-14SR	10	10	14	M22×1.5	14	80	42	32	53	17	40	8	09	27
	KHB-16SR	13	12	16	M24×1.5	14	86	47	35	53	17	40	8	09	30
	KHB-16SR	12	12	16	M24×1.5	14	86	47	38	62	19	45	11	12	32
	KHB-20SR	13	12	20	M30×2	16	90	47	35	53	17	40	8	09	30
	KHB-20SR	16	15	20	M30×2	16	90	47	38	62	19	45	11	12	32
	KHB-25SR	20	20	25	M36×2	18	109	60	48	75	24.5	57	11	14	41
	KHB-30SR	25	25	30	M42×2	20	120	65	57	82	28.5	64	11	14	50

（13）备件（密封组件）（见表 22.8-143）

表 22.8-143　备件（密封组件）



（续）

密 封 组 件	订货代号＝库存代号
DN 04/06	703 048
DN 08/10	703 014
DN 13	703 046
DN 12/16	703 010
DN 20	703 005
DN 25	703 004
DN 32	703 045
DN 40	703 292
DN 50	703 007

生产厂：贺德克液压技术（上海）有限公司。

11　E 型减振器

（1）油泵、电机组用 E 型振动技术数据（见表 22.8-144）

表 22.8-144　E 型减振器技术数据

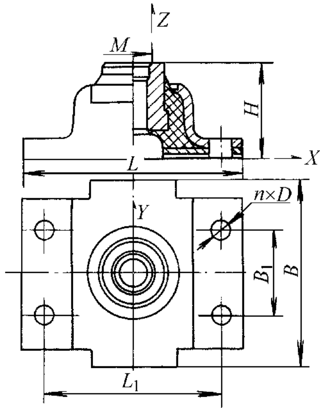
产品型号	额定负载/kg			Z 向额定负载下静变形/mm		动刚度/（kg/cm）			阻尼比	重量/kg
	Z	Y	X	公称	允差	Z	Y	X		
E10	10	10	5	0.6	±0.3	330	500	350	0.08～0.12	0.16
E15	15	15	10	0.7		450	660	430		0.22
E25	25	25	10	0.9		750	880	690		0.22
E40	40	40	15	0.7		1300	1100	740		0.40
E60	60	60	25	0.7		1600	1400	900		0.65
E85	85	85	35	0.6		2000	1900	1000		1.10
E120	120	110	50	0.9		2500	2100	1100		1.40
E160	160	150	70	0.6		5500	2800	1400		1.80
E220	220	190	80	0.6		7000	3500	1500		2.20
E300	300	210	90	0.6		11000	5500	2260		2.50
E400	400	260	100	0.7		13000	6200	2400		3.10

注：Z、Y、X 分别表示坐标系中的三个方向。

（2）型号及外形尺寸(见表 22.8-145)

表 22.8-145　E 型减振器型号及外形尺寸

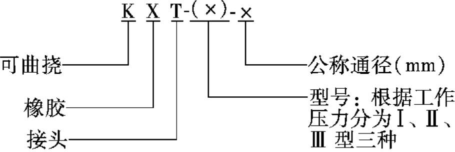
（mm）



产品型号	M	L	L_1	H	B	B_1	n	D
E10	M8	70	54	40	35		2	$\phi7$
E15	M8	70	54	40	40		2	$\phi7$
E25	M8	70	54	40	40		2	$\phi7$
E40	M10	85	68	46	55		2	$\phi9$
E60	M12	100	80	50	65		2	$\phi9$
E85	M14	120	100	60	70		2	$\phi11$
E120	M16	140	112	65	85		2	$\phi13$
E160	M18	145	115	60	108		2	$\phi13$
E220	M22	150	120	60	118		2	$\phi15$
E300	M24	155	125	65	125	60	4	$\phi15$
E400	M27	175	140	65	130	65	4	$\phi17$

12　KXT 型可曲挠橡胶接管

（1）型号说明



（2）技术条件(见表 22.8-146)

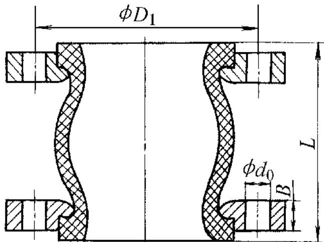
表 22.8-146　技术条件

项目 \ 型号	KXT(Ⅰ)	KXT(Ⅱ)	KXT(Ⅲ)
工作压力/MPa	2.0	1.2	0.8
爆破压力/MPa	6.0	3.5	2.4
真空度/MPa	0.1	0.0867	0.0533
适用温度/℃	−20～115		
适用介质	空气、压缩空气、水、海水、弱酸(耐油场合需注明)		

注：接头两端可任意偏转，便于自由调节轴向或横向位移。DN200-300KXT(Ⅰ)型工作压力为 1.5MPa，爆破压力为 4.5MPa。

（3）技术参数见外形尺寸(见表 22.8-147)

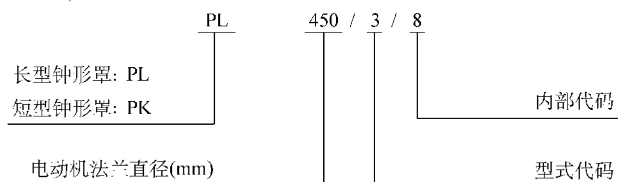
表 22.8-147　技术参数外形尺寸　（mm）



公称通径 DN /mm	公称通径 DN /in	长度 L	法兰厚度 B	螺栓数	螺栓孔直径 d_0	螺栓孔中心圆直径 D_1	轴向位移 伸长	轴向位移 压缩	横向位移	偏转角度 /(°)
32	(1¼)	95	16	4	17.5	100	6	9	9	15
40	(1½)	95	18	4	17.5	110	6	10	9	
50	(2)	105	18	4	17.5	125	7	10	10	
65	(2½)	115	20	4	17.5	145	7	13	11	
80	(3)	135	20	8	17.5	160	8	15	12	
100	(4)	150	22	8	17.5	180	10	19	13	
125	(5)	165	24	8	17.5	210	12	19	13	
150	(6)	180	24	8	22	240	12	20	14	
200	(8)	190	24	8	22	295	16	25	22	

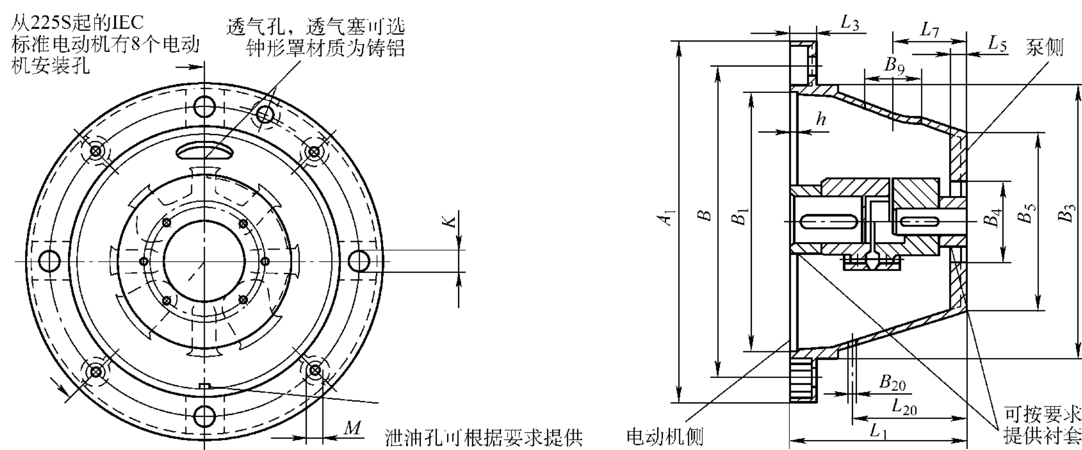
13　电动机、泵钟形罩

（1）型号说明(A 型圆法兰)



（2）技术规格及外形尺寸(见表 22. 8-148)

表 22. 8-148　电动机、泵钟形罩技术规格及外形尺寸(A 型圆法兰)



IEC 电动机规格(出轴)($d_1 \times l_3$)	功率/kW n = 1500r/min	钟形罩规格	DP 垫片规格	PTEL PTFS 支架	尺寸/mm												透气孔		泄油孔	
					A_1	B	B_1	B_3	h	K	M	L_1	L_3	L_5	B_5	B_4	B_9	L_7	B_{20}	L_{20}
71 (14×30)	0. 25 0. 37	PK 160/5/. .	160	160	160	130	110	110	4	9	M8	80	13	8	105	27	25	33	7. 5	28
		PL 160/5/. .										90			102	29		38		
80 (19×40)	0. 55 0. 75	PK 200/3/. .										100			124	37		43		
		PL 200/3/. .										110						47		
		PL 200/8/. .	200	200	200	165	130	145	4	11	M10	124	16	12	133	57	36	60	7. 5	36
90S/90L (24×50)	1. 1 1. 5	PL 200/4/. .										140			144	40		54		
		PFL 200/6/. .													180	47		62		
100L/112M (28×60)	2. 2 3 4	PK 250/6/. .										120			180	74		54		
		PL 250/3/. .										124			124	42		52		
		PL 250/6/. .	250	250	250	215	180	190	5	14	M12	135	18	12	180		40	57	7. 5	43
		PL 250/4/. .										148			166	56		64		
		PFL 250/18/. .										175			50			77		

（续）

IEC电动机规格(出轴)($d_1 \times l_3$)	功率/kW n = 1500r/min	钟形罩规格	DP垫片规格	PTEL PTFS支架	尺寸/mm															
					A_1	B	B_1	B_3	h	K	M	L_1	L_3	L_5	B_5	B_4	透气孔 B_9	透气孔 L_7	泄油孔 B_{20}	泄油孔 L_{20}
132S/132M (38×80)	5.5 7.7	PK 300/5/..	300	300	300	265	230	234	5	14	M12	144	20	15	205	57	50	63	7.5	45
		PL 300/15/..										150			231	77		66		
		PK 300/4/..										155			166	56		68		
		PL 300/4/..										168			220	57		74		
		PL 300/7/..										196						84		
160M/160L (42×110) 180M/180L (48×110)	11	PK 350/4/..	350	350	350	300	250	260	6	17	M16	188	25	15	230	56	50	82		
	15	PK 350/6/..										204						87		
	18.5	PK 350/10/..										228			251	97		102		
	22	PL 350/7/..										256			258	74		115		
200L (55×110)	30	PK 400/4/..	400	400	400	350	300	300	6	17	M16	204	25	50	230	75	50	92		
		PK 400/5/..										228			290	77		104		
		PL 400/5/..										256				97		118		
225S/225M (60×140)	37	PK 450/2/..	450	450	450	400	350	350	6	17	M16	234	25	20	260	97	50	107	7.5	51
		PK 450/3/..										262		22	325			121		
	45	PL 450/3/..										285		20				133		
250M (60×140) 250S/280M (75×140)	55	PL 550/8/..	550	550	550	500	450	450*	6	17	M16	248	26	25	340	97	50	116		
		PL 550/1/..										265			360	120		125		
		PK 550/3/..										275			340	97		130		
	75	PL 550/3/..										295						140		
	90	PL 550/2/..										315			400	145		135		
315S/315M (80×170)	110	PK 660/2..	660	660	660	600	550	550*	8	22	M20	310	32	30	410	120	50	147	7.5	60
	132	PL 660/5/..										330			400			157		
	160	PL 660/2/..										343			490	174		163		
	200	PL 660/4/..										395			500	197		190		

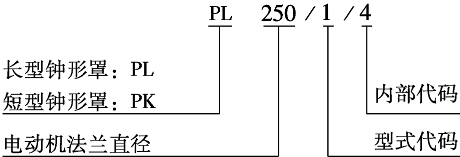
其他钟形罩

IEC电动机规格(出轴)($d_1 \times l_3$)	功率/kW	钟形罩规格	DP垫片规格	PTEL PTFS支架	A_1	B	B_1	B_3	h	K	M	L_1	L_3	L_5	B_5	B_4	B_9	L_7	B_{20}	L_{20}
71 (14×30)	0.25 0.37	PFK 160/6/..	160	160	160	130	110	110	4	9	M8	79	13	13	140	30	25	35	7.5	28
		PFL 160/6..										101				60		46		
80 (19×40) 90S/90L (24×50)	0.55	PK 200/4/..	200	200	200	165	130	145	4	11	M10	109	16	12	144	57	36	46	7.5	36
	0.75	PK 200/11/..										45		10		97	10	15		
		PL 200/11/..										55		12				18		
	1.1	PK 200/13/..										152				30	36	71		
	1.5	PK 200/30/..										79			142	37	25	30		
		PL 200/30/..										90			127			37		

（续）

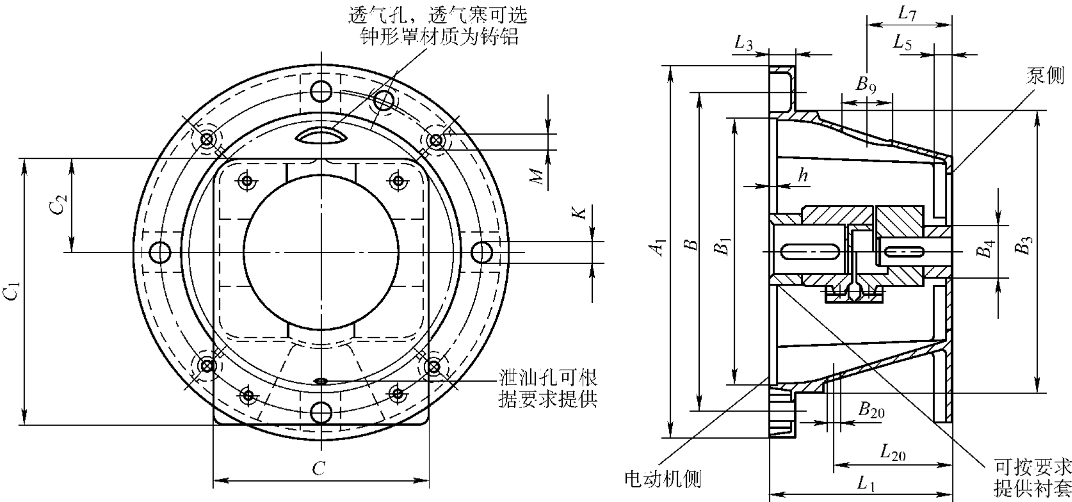
IEC 电动机规格（出轴）（$d_1 \times l_3$）	功率/kW n = 1500r/min	钟形罩规格	DP 垫片规格	PTEL PTFS 支架	尺寸/mm												透气孔		泄油孔	
					A_1	B	B_1	B_3	h	K	M	L_1	L_3	L_5	B_5	B_4	B_9	L_7	B_{20}	L_{20}
100L/1 12M（28×60）	2.2 3 4	PK 250/13/..	250	250	250	215	180	190	5	14	M12	159	18	12	186	77	40	69	7.5	43
		PK 250/15/..										61			187	97	10	20		
		PL 250/15/..										79			187		20	229		
		PK 250/17/..										100			186	74	40	39		
132S/132M（38×80）	5.5 7.7	PK 300/8/..	300	300	300	265	230	234	5	14	M12	110	20	15	225	95	40	45	7.5	45
		PK 300/9/..										85			231	97	30	32		
		PL 300/9/..										99					40	37		
		PL 300/13/..										210				57	50	95		
		PK 300/15/..										138			228	56		57		
160M/160L（42×110） 180M/180L（48×110）	11 15 18.5 22	PK 350/8/..	350	350	350	300	250	260	6	17	M16	204	25	15	259	53	50	90		
		PK 350/11/..										130			252	97		52		
		PL 350/11/..										146	26	18		97		60		
		PK 350/18/..										159	25	20		77		67		
		PL 350/18/..										184						80		
200L（55×110）	30	PL 400/3/..	400	400	400	350	300	300	6	17	M16	165	25	20	290	97	50	73		
		PK 400/12/..										170			260	95		75		
		PL 400/12/..										184						82		
225S/225M（60×140）	37 45	PK 450/5/..	450	450	450	400	350	350	6	17	M16	165	25	20	260	120	50	73	7.5	51
		PL 450/5/..										185			325			83		
		PK 450/6/..										176			260	53		80		
		PFL 450/9/..										253			370	137		116		
		PK 450/12/..										204			260	97		90		
		PL 450/12/..										222						101		
250M（65×140） 280S/280M（175×140）	55	PK 550/4/..	550	550	550	500	450	450*	6	17	M16	192	26	25	400	80	50	88		
		PL 550/4/..										207			340	97		96		
	75	PK 550/8/..										217			340			100		
	90																			
315S/315M（180×170）	110-160	PK 660/3/...	660	660	660	600	550	550+	8	22	M20	247	32	30	500	80	50	115		
		PL 660/3/...										260			340	156		122		
355L/400M（100×210）	355 710	PL 800/1/...	800	800	800	740	680	680*	8	22	M20	365	70	35	500	100	50	150	7.5	259
		PL 800/3/...										443	37	38		305		206		371

（3）型号说明（矩形法兰）



（4）技术规格及外形尺寸(见表 22.8-149)

表 22.8-149　电动机、泵钟形罩技术规格及外形尺寸　　（矩形法兰）



IEC 电动机规格(轴伸)($d_1 \times Z_3$)	功率/kW n = 1500r/min	钟形罩规格	DP 垫片规格	PTEL 支架规格	尺寸/mm															透气孔		泄油孔	
					A_1	B	B_1	B_3	h	K	M	L_1	L_3	L_5	C	C_1	C_2	B_4	B_9	L_7	B_{20}	L_{20}
71 (14×30)	0.25 0.37	PL 160/1/…	160	160	160	130	110	110	4	9	M8	70	13	8	70	91	35	20	16	27	7.5	42
		PL 160/4/…										110		12	90	120	45	22	25	50		82
		PK 160/4/…										95								43		67
80(19×40) 90S/90L (24×50)	0.55 0.75 1.1 1.5	PL 200/1/…	200	200	200	165	130	145	4	11	M10	90	16	12	70	91	35	22	25	37	7.5	54
		PL 200/2/…										100			90	120	45	22		42		64
100L/112M (28×60)	2.2 3 4	PL 250/1/…	250	250	250	215	180	190	5	14	M12	110	18	12	90	120	45	22	36	45	7.5	67
		PL 250/2/…										115			120	150	53	47		47		72
		PL 250/7/…										125			145	180	64	46		52		82
132S/132M (38×80)	5.5 7.5	PL 300/1/…	300	300	300	265	230	234	5	14	M12	132	20	15	120	150	53	33	50	56	7.5	87
		PK 300/2/…										137			145	180	64	33		59		92
160M/160L (42×110) 180M/180L (48×110)	11 15 18.5 22	PL 350/1/…	350	350	350	300	250	260	6	18	M16	171	25	15	120	156	59	33	50	73	7.5	121
		PL 350/2/…										181			145	180	64	31		78		131

14 油泵电动机组联轴器

（1）订货标记方法

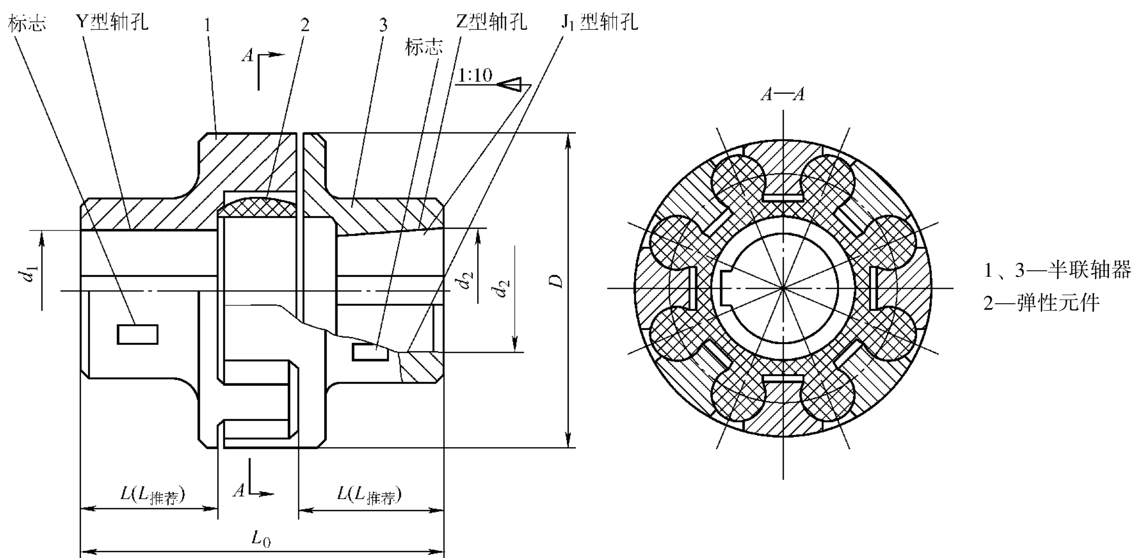
主动端：Y型轴孔、A型键槽 d_1 = 42mm L = 120mm。

从动端：Y型轴孔、A型键槽 d_2 = 35mm L_2 = 103mm L_0 = 250mm。

LM5 = YA42 × 120/YA35 × 103 × 250

（2）LM型梅花形联轴器基本参数和主要尺寸（摘自GB/T 5272—2002）（见表22.8-150）

表22.8-150 LM型梅花形联轴器基本参数和主要尺寸 （mm）



型号	公称转矩 T_n/N·m 弹性件硬度 a H_A 80±5	公称转矩 T_n/N·m 弹性件硬度 b H_D 60±5	许用转速 [n]/r·min⁻¹	轴孔直径 d_1，d_2	轴孔长度 Y型 L	轴孔长度 J_1、Z型 L	$L_{推荐}$	L_0	D	弹性件型号	重量/kg	转动惯量/kg·cm²
LM1	25	45	15300	12、14	32	27	35	86	50	MT1 $^{-a}_{-b}$	0.66	0.0002
				16、18、19	42	30						
				20、22、24	52	38						
				25	62	44						
LM2	50	100	12000	16、18、19	42	30	38	95	60	MT2 $^{-a}_{-b}$	0.93	0.0004
				20、22、24	52	38						
				25、28	62	44						
				30	82	60						
LM3	100	200	10900	20、22、24	52	38	40	103	70	MT3 $^{-a}_{-b}$	1.41	0.0009
				25、28	62	44						
				30、32	82	60						
LM4	140	280	9000	22、24	52	38	45	114	85	MT4 $^{-a}_{-b}$	2.18	0.0020
				25、28	62	44						
				30、32、35、38	82	60						
				40	112	84						

（续）

型号	公称转矩 T_n/N·m		许用转速 [n]/ r·min^{-1}	轴孔直径 d_1，d_2	轴孔长度			L_0	D	弹性件型号	重量 /kg	转动惯量 /kg·cm^2
	弹性件硬度				Y型	J_1、Z型	$L_{推荐}$					
	a H_A	b H_D			L							
	80±5	60±5										
LM5	350	400	7300	25、28	62	44	50	127	105	MT5$_{-b}^{-a}$	3.60	0.0050
				30、32、35、38	82	60						
				40、42、45	112	84						
LM6	400	710	6100	30、32、35、38	82	60	55	143	125	MT6$_{-b}^{-a}$	6.07	0.0114
				40、42、45、48	112	84						
LM7	630	1120	5300	35*、38*	82	60	60	159	145	MT7$_{-b}^{-a}$	9.09	0.0232
				40*、42*、45、48、50、55	112	84						
LM8	1120	2240	4500	45*、48*、50、55、56	112	84	70	181	170	MT8$_{-b}^{-a}$	13.56	0.0468
				60、63、65*	142	107						
LM9	1800	3550	3800	50*、55*、56*	112	84	80	208	200	MT9$_{-b}^{-a}$	21.40	0.1041
				60、63、65、70、71、75	142	107						
				80	172	132						
LM10	2800	5600	3300	60*、63*、65*、70、71、75	142	107	90	230	230	MT10$_{-b}^{-a}$	32.03	0.2105
				80、85、90、95	172	132						
				100	212	167						
LM11	4500	9000	2900	70*、71*、75*	142	107	100	260	105	MT11$_{-b}^{-a}$	49.52	0.4338
				80*、85*、90、95	172	132						
				100、110、120	212	167						
LM12	6300	12500	2500	80*、85*、90*、95*	172	132	115	297	300	MT12$_{-b}^{-a}$	73.45	0.8205
				100、110、120、125	212	167						
				130	252	202						
LM13	11200	20000	2100	90*、95*	172	132	125	323	360	MT13$_{-b}^{-a}$	103.86	1.6718
				100*、110*、120*、125*	212	167						
				130、140、150	252	202						
LM14	12500	25000	1900	100*、110*、120*、125*	212	167	135	333	400	MT14$_{-b}^{-a}$	127.59	2.4990
				130*、140*、150	252	202						
				160	302	242						

注：1. 重量、转动惯量按 $L_{推荐}$ 最小轴孔计算近似值。

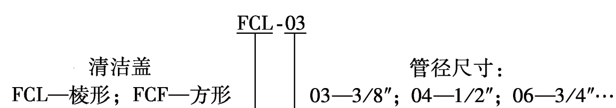
2. 带 * 号轴孔直径可用于Z型轴孔。

3. a、b 为两种材料的硬度代号。

生产厂：江阴联轴器厂。

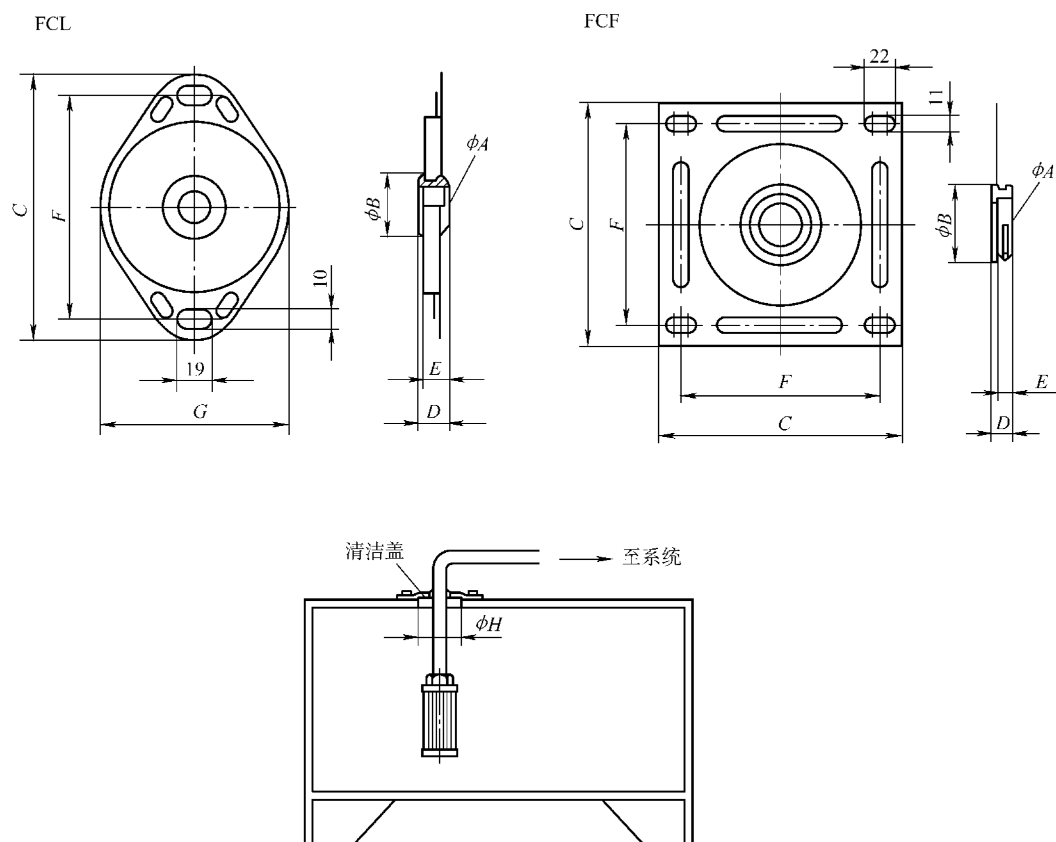
15 FC 型油箱清洁盖

(1) 型号说明



(2) 规格及外形尺寸(见表 22.8-151)

表 22.8-151 FC 型清洁盖的规格及外形尺寸 (mm)



形号	管径	ϕB	C	D	E	F	G	最大清洁孔径 ϕH	重量/kg
FCL-03	3/8″	34	142	17	14	120	102	92	0.14
FCL-04	1/2″	40	142	17	14	120	102	92	0.14
FCL-06	3/4″	49	142	17	14	120	102	92	0.14
FCL-08	1″	60	142	17	14	120	102	92	0.14
FCL-10	11/4″	70	142	17	14	120	102	92	0.14
FCL-12	11/2″	80	142	17	14	120	102	92	0.14
FCF-08	1″	60	185	17	12	150	—	170	0.64
FCF-10	11/4″	70	185	17	12	150	—	170	0.62

（续）

形号	管径	ϕB	C	D	E	F	G	最大清洁孔径 ϕH	重量/kg
FCF-12	11/2″	80	185	17	12	150	—	170	0.62
FCF-16	2″	96	185	28	12	150	—	170	0.5
FCF-20	21/2″	116	185	28	12	150	—	170	0.58
FCF-24	3″	130	185	28	12	150	—	170	0.56

生产厂：温州黎明液压机电厂。

（3）YG型油箱清洁盖(见表22.8-152)

表22.8-152　YG型油箱清洁盖的外形尺寸　（mm）

型号	A	B	C	D	E
YG-250	250	ϕ225	ϕ200	100	50
YG-300	300	ϕ275	ϕ250	125	50
YG-350	350	ϕ325	ϕ300	160	63
YG-400	400	ϕ375	ϕ350	160	63
YG-450	450	ϕ425	ϕ400	200	80
YG-500	500	ϕ475	ϕ450	250	80

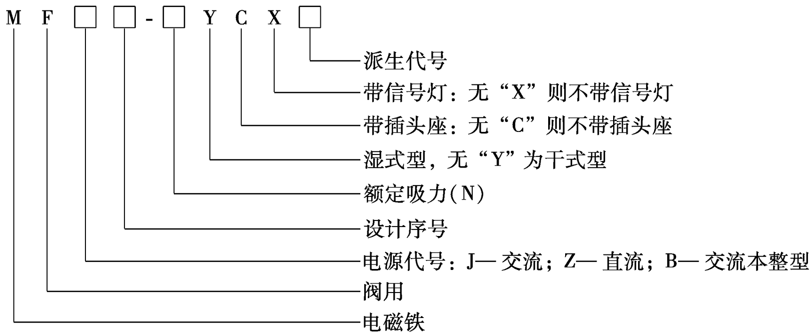
$n\times\phi 11$　A　B　C　E　D　10　18　可铸用户标志

注：可配套提供清洁盖用密封垫。若需要清洁盖的法兰，也可提供，请在原型号后加F即可。型号为YG-250F的法兰厚度均为18mm，内、外环及螺孔分布圆直径同清洗盖 A、C、B 尺寸

注：生产厂：温州黎明液压机电厂。

16　阀用电磁铁产品(摘自JB/T 5244—2001)

（1）型号说明



（2）MFZ1-YC型直流湿式电磁铁和MFB1-系列交流本整型湿式电磁铁主要技术参数(见表22.8-153、表22.8-154)

（3）MFJ3-YC系列和MFZ3-YC系列交、直流湿式阀用电磁铁

MFJ3-YC系列新型交流湿式阀电磁铁和MFZ3-

YC 系列新型直流湿式阀用电磁是与德国力士乐公司交、直流湿式 6 通径、10 通径等电磁换向阀匹配使用的电磁铁。

（4） MFZ2-3C 型直流球阀电磁铁(见表22. 8-155)

表 22. 8-153　MFZ1-YC 系列和 MFB1-YC 系列电磁铁主要技术参数

技术参数 型号 / 项目	MFZ1-1. 5YC	MFZ1-2. 5YC	MFZ1-3YC	MFZ1-4YC	MFZ1-5. 5YC	MFZ1-7YC
	MFB1-1. 5YC	MFB1-2. 5YC	MFB1-3YC	MFB1-4YC	MFB1-5. 5YC	MFB1-7YC
额定电压/V	12　24　220　DC 110　220　380　AC			12　24　220　DC 110　220　380　AC		
额定吸力/N	15	25	30	40	55	70
额定行程/mm	3	3	5	6	4	7
全行程/mm	≥5. 5	≥6. 5	≥7	≥8. 5	≥8. 5	≥10. 5
通用持续率(%)	100	100	100	100	100	100
最高操作频率/(次/h)	12000	12000	12000	12000	12000	12000
电压允许波动范围(%)	+5 ~ −15	+5 ~ −15	+5 ~ −15	+5 ~ −15	+5 ~ −15	+5 ~ −15
导套承受油压/MPa	10	10	10	10	10	10
绝缘等级	B	B	B	B	B	B
工作寿命/次	10^7	10^7	10^7	10^7	10^7	10^7

表 22. 8-154　MFZ(J)3-YC 系列电磁铁主要技术参数

技术参数 型号 / 项目	MFZ3-22YC	MFZ3-37YC	MFZ3-90YC	MFJ3-18YC	MFJ3-27YC	MFJ3-54YC
额定电压/V	12　24　110　220DC			110　220　380AC		
额定吸力/N	22	37	90	18	27	54
额定行程/mm	2. 8	2. 8	3. 6	2. 8	2. 8	3. 6
全行程/mm	≥6. 1	≥6. 1	≥7. 8	≥6. 1	≥6. 1	≥6. 1
通电持续率(%)	100	100	100	100	100	100
绝缘等级	F	F	F	F	F	F
最高操作频率/(次/h)	12000	12000	12000	12000	12000	12000
电压允许波动范围(%)	+10 ~ +15	−10 ~ +15	−10 ~ +15	−10 ~ +15	−10 ~ +15	−10 ~ +15
防护等级	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65
导套承受油压/MPa	16	21	21	10	16	16
激磁伏安/V · A				≤154	≤200	≤480
消耗功率/W	≤30	≤30	≤35	≤24	≤24	≤40
工作寿命/次	10^7	10^7	10^7	10^7	10^7	10^7
衔铁重量/kg	0. 034	0. 050	0. 132	0. 039	0. 058	0. 185

表 22.8-155 MFZ2-3C 型电磁铁主要技术参数

项目 参数 型号	额定电压/V	额定吸力/N	额定行程/mm	全行程/mm	通电持续率(%)	最高操作频率/(次·h^{-1})	工作寿命/次
MFZ2-3C	12 24 110 220DC	30	3	≥5	100	12000	10^7

生产厂：江苏省无锡市洛社双灵电器厂。

第 9 章　液压泵站、油箱、管路及管件

1　液压泵站

1.1　概述

液压泵站是液压系统的重要组成部分(动力源)。它向液压系统提供一定压力、流量的工作介质。在液压泵站上装上必需的液压阀可以直接控制液压执行元件工作。

1.2　液压泵站的结构型式

液压泵站上泵组的布置方式分成上置式和非上置式。泵组置于油箱上的上置式液压泵站中，采用立式电动机并将液压泵置于油箱之内时，称为立式液压站(见图 22.9-1)；采用卧式电动机时称为卧式液压站(见图 22.9-2)。非上置式液压泵站中，泵组与油箱并列布置的称为旁置式液压站(见图 22.9-3)；泵组置于油箱下面时为下置式液压站(见图 22.9-4)。

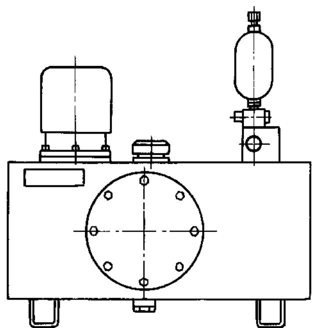


图 22.9-1　上置式液压站(立式)

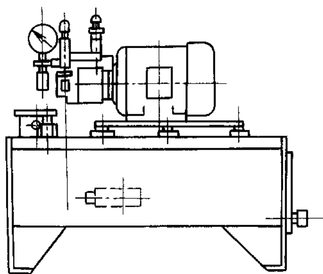
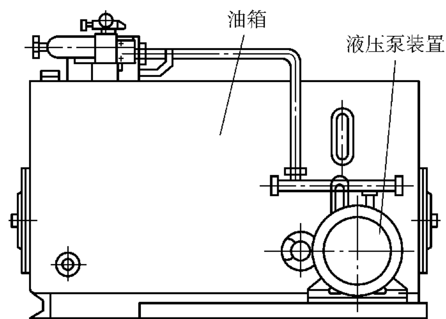


图 22.9-2　上置式液压站(卧式)



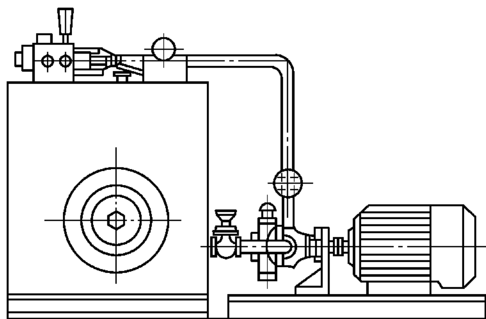


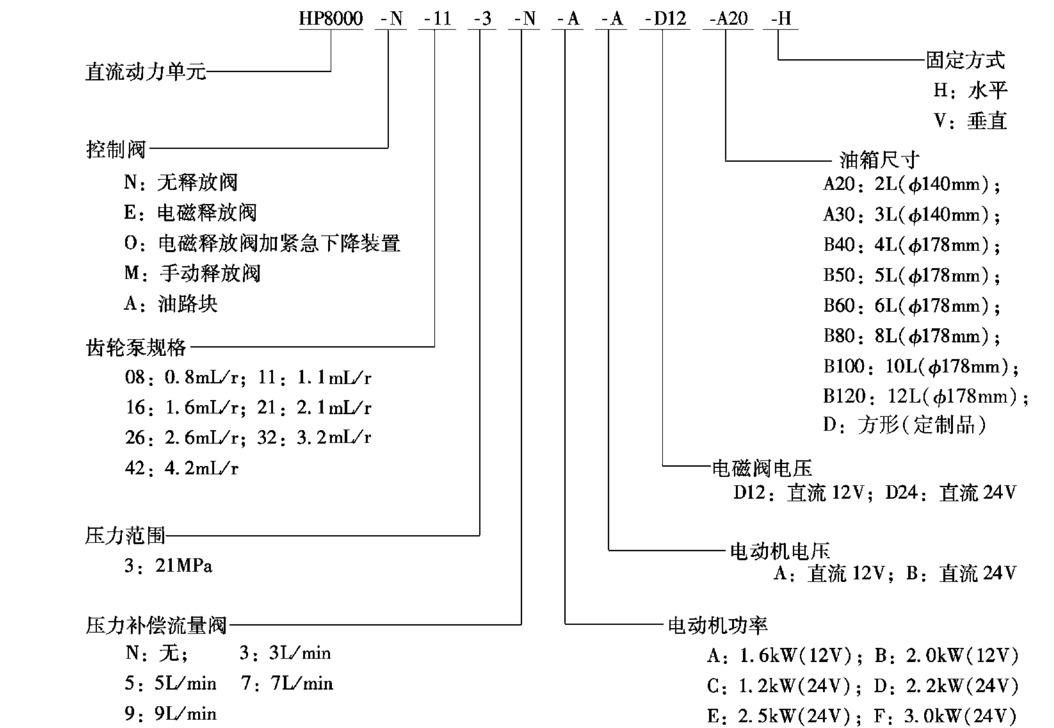
图 22.9-3　旁置式液压站

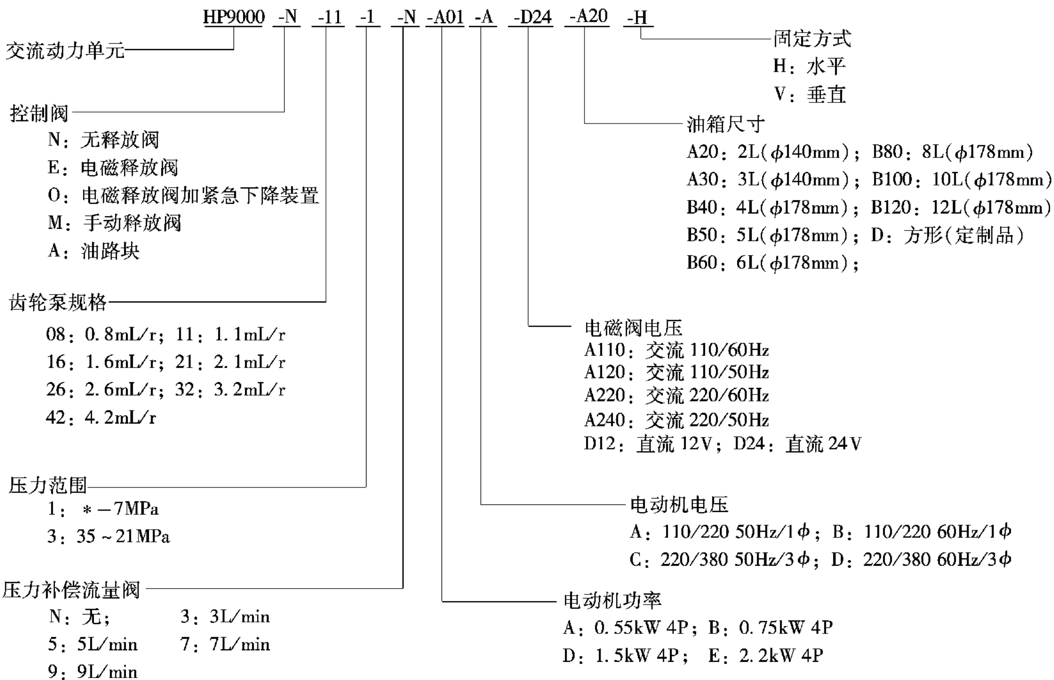
图 22.9-4　下置式液压站

1.3　典型液压站产品

1.3.1　HP 系列交直流动力单元

(1) 型号说明

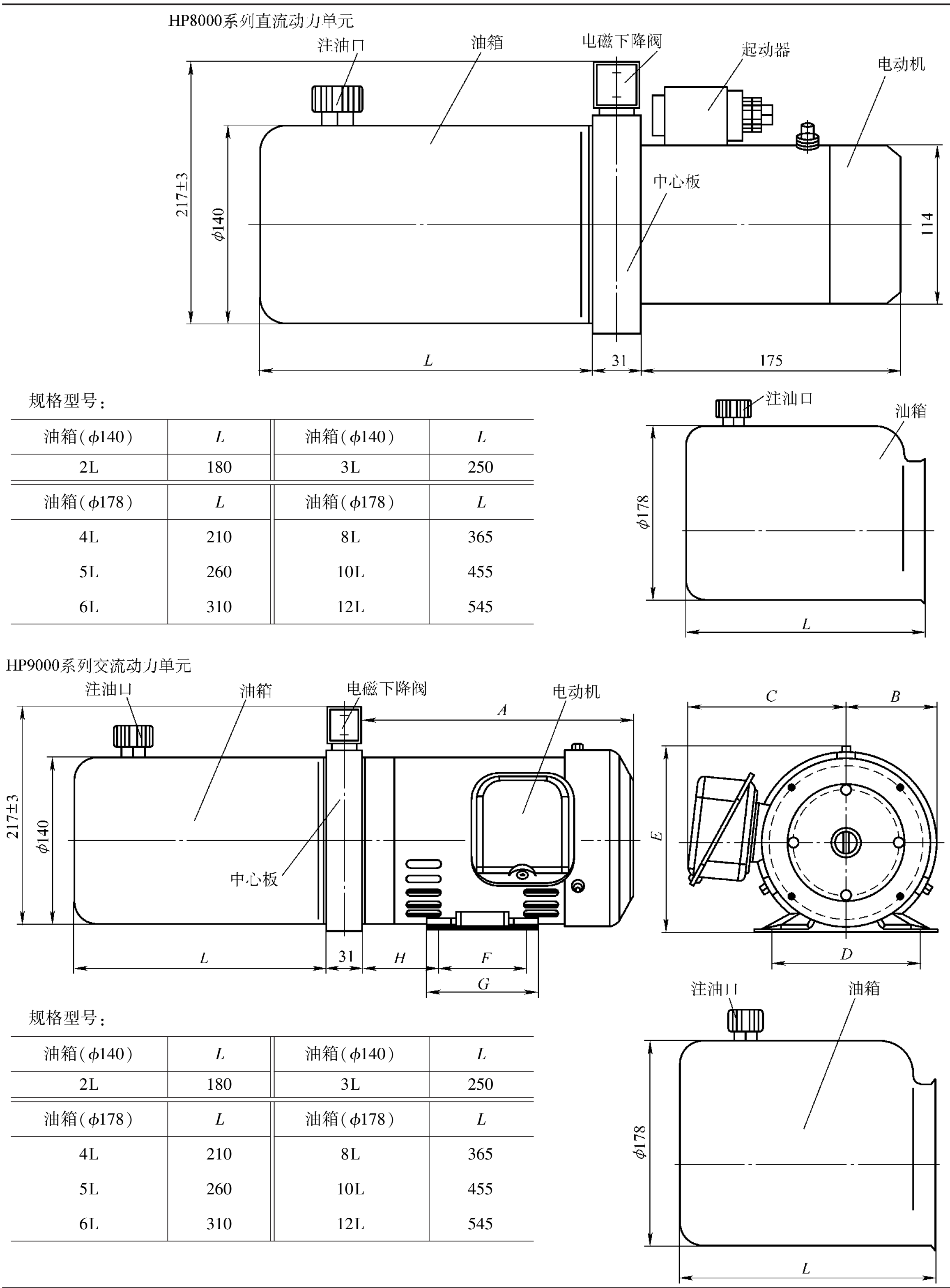




注：“A”控制方式中，油路块的安装规格为NG6(CETOP3,D03)，且有A1：1联；A2：2联；A3：3联；A4：4联四种选择。

（2）外形尺寸（见表 22.9-1）

表 22.9-1　外形尺寸　（mm）



HP8000系列直流动力单元

规格型号：

油箱（ϕ140）	*L*	油箱（ϕ140）	*L*
2L	180	3L	250
油箱（ϕ178）	*L*	油箱（ϕ178）	*L*
4L	210	8L	365
5L	260	10L	455
6L	310	12L	545

HP9000系列交流动力单元

规格型号：

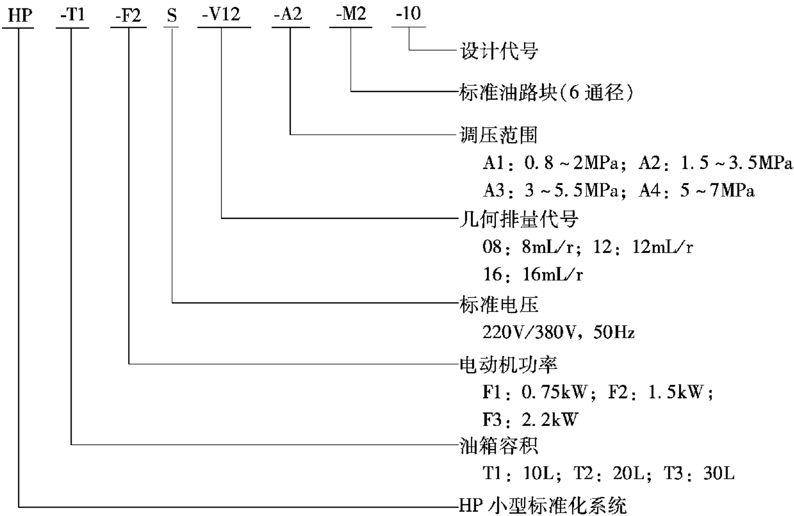
油箱（ϕ140）	*L*	油箱（ϕ140）	*L*
2L	180	3L	250
油箱（ϕ178）	*L*	油箱（ϕ178）	*L*
4L	210	8L	365
5L	260	10L	455
6L	310	12L	545

（续）

电动机	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
0. 55kW4P/1Φ	278	89	149	125	178	100	130	108
0. 75kW4P/1Φ	298	89	149	125	178	100	130	118
1. 5kW4P/1Φ	230	78	133	140	155	100	112	91
2. 2kW4P/1Φ	278	89	143	140	178	125	112	108
0. 55kW4P/3Φ	278	89	149	112/125	178	90/100	130	108
0. 75kW4P/3Φ	298	89	149	125	178	100	130	118
1. 5kW4P/3Φ	230	78	133	140	155	125	112	91
2. 2kW4P/3Φ	278	89	143	140	178	125	112	108

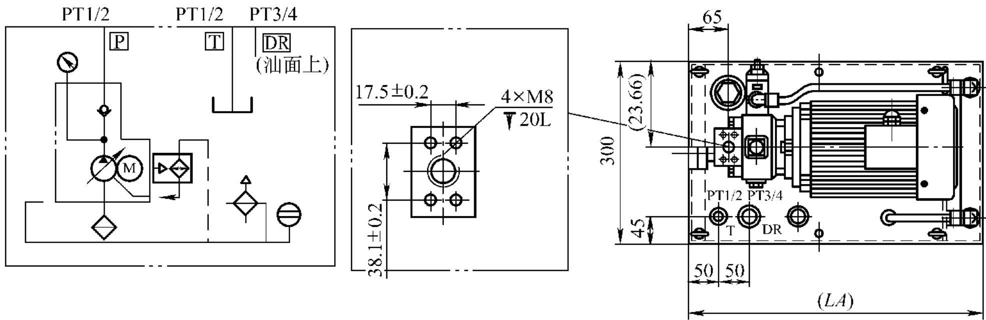
1. 3. 2　HP 系列液压泵站

（1）型号说明

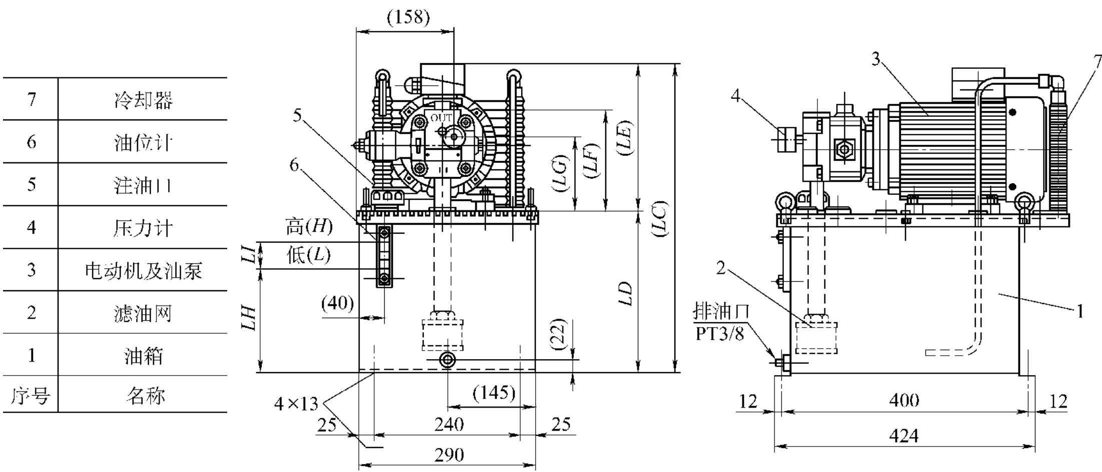


（2）外形尺寸(见表 22. 9-2)

表 22. 9-2　外形尺寸　　(mm)

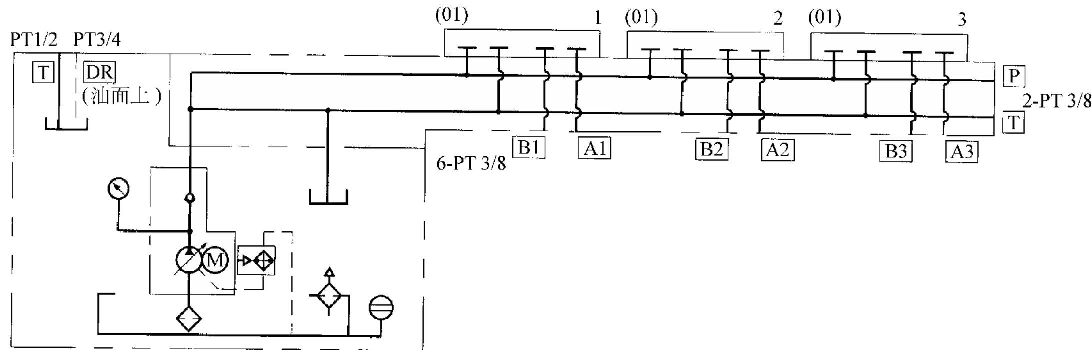


（续）



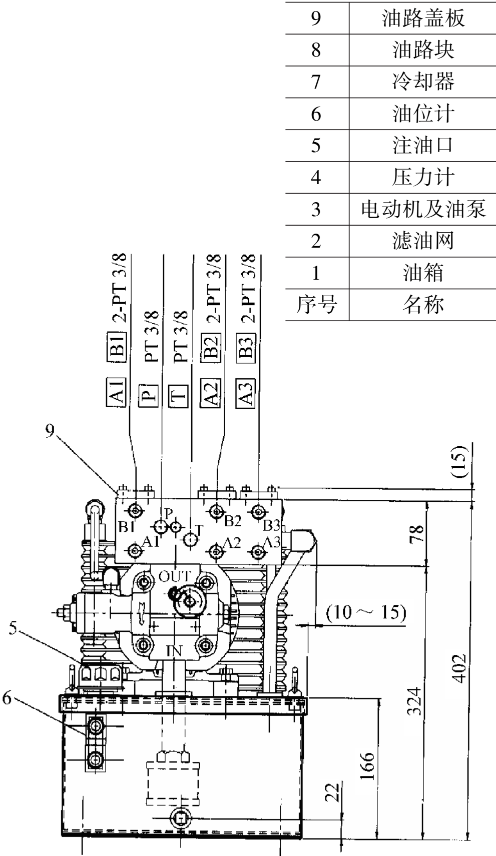
型　　号	功率 /kW	尺　　寸									
		LA	*LC*	*LD*	*LE*	*LF*	*LG*	*LH*	*LI*	*H*	*L*
HP-T1-F1S-V＊-＊-M0-10	0.75	460	388	166	222	158	113	103	14	12L	10L
HP-T1-F2S-V＊-＊-M0-10	1.5	485	409		243	168	123				
HP-T2-F1S-V＊-＊-M0-10	0.75	460	488	266	222	158	113	169	44	22L	17L
HP-T2-F2S-V＊-＊-M0-10	1.5	485	509		243	168	123				
HP-T2-F3S-V＊-＊-M0-10	2.2	510	539		273	178	133				

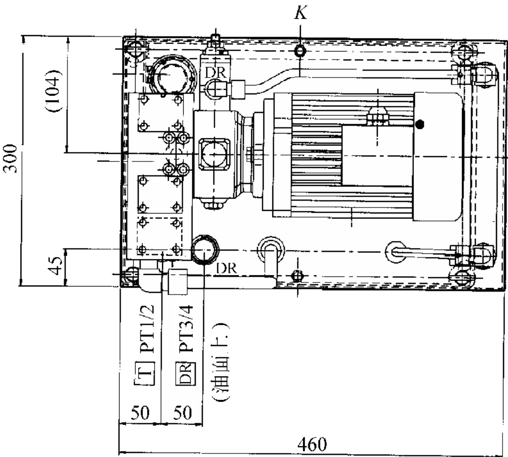
HP-＊-＊＊-＊-＊-M3-10

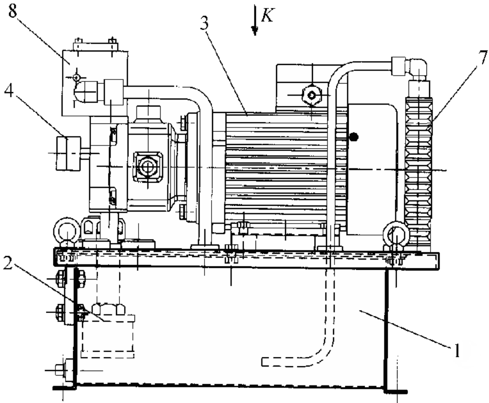


（续）

序号	名称
9	油路盖板
8	油路块
7	冷却器
6	油位计
5	注油口
4	压力计
3	电动机及油泵
2	滤油网
1	油箱







注：生产厂：台湾涌镇(HP)实业股份有限公司。

1.3.3 YZ系列液压站

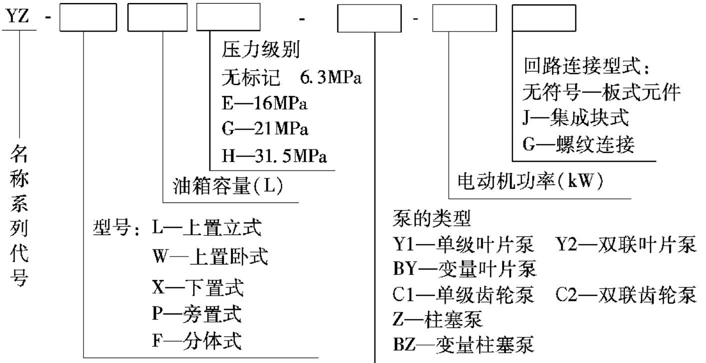
YZ系列液压站，油箱容量为25～6300L，共18种规格。选用不同的泵，可得到各种不同的流量和压力级。外形结构有上置式(立式及卧式)和非上置式。

(1) 油箱容量规格(见表22.9-3)

表22.9-3 油箱容量规格 (L)

25	40	60	100	160	250	400	630	800
1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300

(2) 型号说明



（3）技术规格(表 22.9-4)

表 22.9-4　技术规格

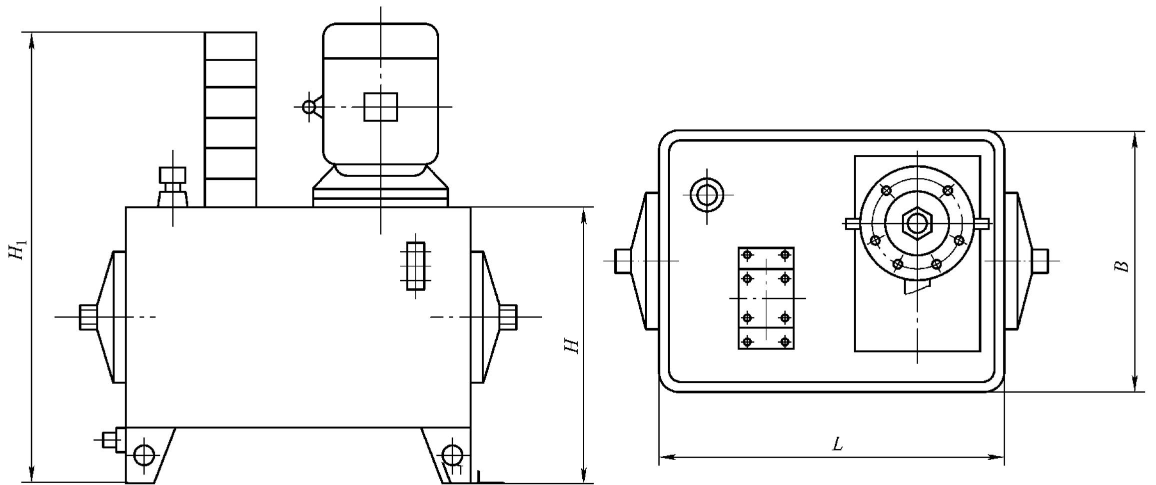
油箱容量/L	泵站型式	电动机功率/kW	油泵压力/MPa	型　号
25	上置立式	0.55	6.3	YZ-L25-Y1-0.55
40	上置立式	0.55		YZ-L40-Y1-0.55
		0.75		YZ-L40-Y1-0.75
60	上置立式	0.75		YZ-L63-Y1-0.75
		1.1		YZ-L63-Y1-1.1
		1.5		YZ-L63-Y1-1.5
100	上置立式	1.1		YZ-L100-Y2-1.1
		1.5		YZ-L100-Y1-1.5
		1.5		YZ-L100-Y2-1.5
		2.2		YZ-L100-Y2-2.2
	上置卧式	2.2		YZ-W100-BY-2.2
160	上置立式	1.1		YZ-L160-Y1-1.1
		1.5		YZ-L160-Y1-1.5
		2.2		YZ-L160-Y1-2.2
		2.2		YZ-L160-Y2-2.2
		3		YZ-L160-Y2-3
	上置卧式	2.2		YZ-W160-BY-2.2
		3		YZ-W160-BY-3
250	上置立式	1.5		YZ-L250-Y1-1.5
		2.2		YZ-L250-Y1-2.2
		3		YZ-L250-Y1-3
		3		YZ-L250-Y2-3
		4		YZ-L250-Y2-4
	上置卧式	3		YZ-W250-BY-3
		4		YZ-W250-BY-4
	旁置式	13	32	YZ-X250H-Z-13
			21	YZ-X250G-Z-13
			16	YZ-X250E-C1-13
	下置式	13	32	YZ-X250H-Z-13
			21	YZ-X250G-Z-13
			16	YZ-X250E-C1-13
400	上置立式	2.2	6.3	YZ-L400-Y1-2.2
		3		YZ-L400-Y1-3
		4		YZ-L400-Y1-4
		4		YZ-L400-Y2-4
		5.5		YZ-L400-Y2-5.5
	上置卧式	4	6.3	YZ-W400-BY-4
		5.5		YZ-W400-BY-5.5
	旁置式	18.5	32	YZ-P400H-BZ-18.5
			20	YZ-P400G-Z-18.5
			16	YZ-P400E-C1-18.5
	下置式	18.5	32	YZ-X400H-BZ-18.5
			20	YZ-X400G-Z-18.5
			16	YZ-X400E-C1-18.5
630	上置立式	5.5	6.3	YZ-L630-Y1-5.5
		7.5		YZ-L630-Y1-7.5
	旁置式 下置式 分体式	30	32	YZ-P/X/F630H-Z30
			20	YZ-P/X/F630G-Z30
			16	YZ-P/X/F630E-C30
800	上置立式	7.5	6.3	YZ-L800-Y1-7.5
		11		YZ-L800-Y1-11
	旁置式 下置式 分体式	40	32	YZ-P/X/F800H-Z40
			20	YZ-P/X/F800G-Z40
			16	YZ-P/X/F800E-C40
1000	旁置式 下置式 分体式	7.5	6.3	YZ-P/X/F1000-Y1-7.5
		11		YZ-P/X/F1000-Y1-11
		13		YZ-P/X/F1000-Y1-13
		30×2	32	YZ-P/X/F1000H-Z60
			20	YZ-P/X/F1000G-Z60
			16	YZ-P/X/F1000E-C60
1250	旁置式 下置式 分体式	11	6.3	YZB1250-D11
		13		YZB1250-D13

（续）

油箱容量/L	泵站型式	电动机功率/kW	油泵压力/MPa	型　　号	油箱容量/L	泵站型式	电动机功率/kW	油泵压力/MPa	型　　号
1250	旁置式 下置式 分体式	15	6. 3	YZB1250-D15	2000	旁置式 下置式 分体式	15	6. 3	YZ-P/X/F2000-Y1-15
		30 +40	32	YZB1250H-Z(30 +40)			18. 5		YZ-P/X/F2000-Y1-18. 5
			20	YZB1250F-Z(30 +40)			22		YZ-P/X/F2000-Y1-22
			16	YZB1250E-Z(30 +40)			40 ×3	32	YZ-P/X/F2000H-Z40 ×3
1600	旁置式	13	6. 3	YZ-P/X/F1600-Y1-13				20	YZ-P/X/F2000H-Z40 ×3
		15		YZ-P/X/F1600-Y1-15				16	YZ-P/X/F2000C-Z40 ×3
		18. 5		YZ-P/X/F1600-Y1-18. 5	2500	旁置式 下置式 分体式	18. 5	6. 3	YZ-P/X/F2500-Y1-18. 5
		40 ×2	32	YZ-P/X/F1600H-Z40 ×2			22		YZ-P/X/F2500-Y1-22
			20	YZ-P/X/F1600G-Z40 ×2			13 ×2		YZ-P/X/F2500-Y1-26
			16	YZ-P/X/F1600E-Z40 ×2			40 ×4	32	YZ-P/X/F2500H-Z40 ×4

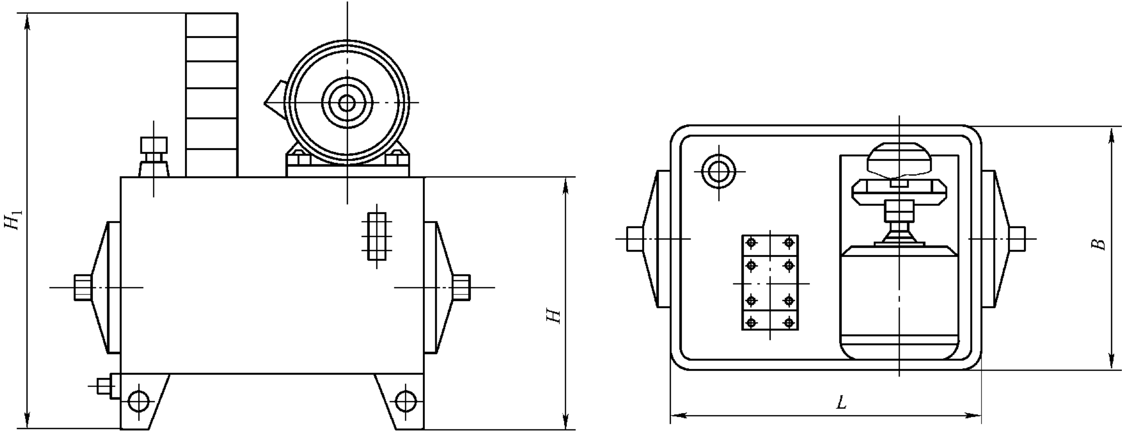
（4）外形尺寸(见表22.9-5)

表22.9-5　外形尺寸　　(mm)

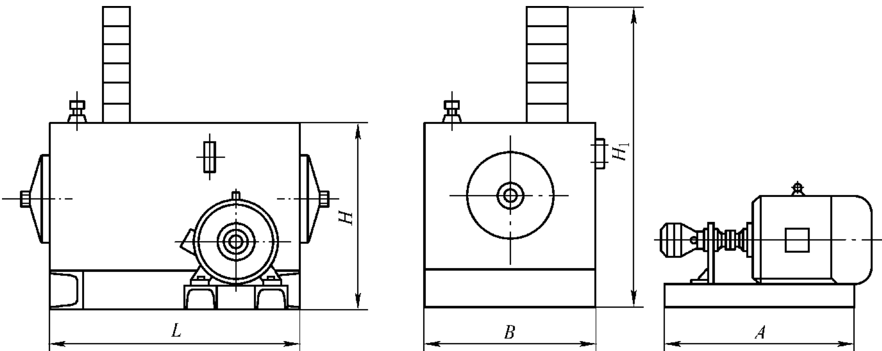


油箱容量/L	*L*	*B*	*H*	油箱容量/L	*L*	*B*	*H*
25	—	—	—	250	900	700	700
40	—	—	—	400	1000	800	850
63	—	—	—	630	1200	900	930
100	700	500	520	800	1300	1000	970
160	800	600	600				

（续）



油箱容量/L	L	H	B	油箱容量/L	L	H	B
100	700	500	520	250	900	700	700
160	800	600	600	400	1000	800	850



油箱容量/L	L	B	H	A	油箱容量/L	L	B	H	A
250	900	700	700	依电动机泵而定	2000	1800	1300	1300	依电动机泵而定
400	1000	800	850	依电动机泵而定	2500	2000	1400	1300	依电动机泵而定
630	1200	900	930	依电动机泵而定	3200	2200	1500	1400	依电动机泵而定
800	1300	1000	970	依电动机泵而定	4000	2500	1500	1500	依电动机泵而定
1000	1400	1100	1080	依电动机泵而定	5000	2500	1800	1500	依电动机泵而定
1250	1400	1100	1180	依电动机泵而定	6300	2800	1800	1600	依电动机泵而定
1600	1600	1200	1180	依电动机泵而定					

注：1. H_1 根据集成块多少而定。

2. 生产厂：上海高行液压件厂、长沙液压件厂、四平液压件厂等。

1.3.4　TND360-2 型液压站

TND360-2 型液压站用于数控万能车床，压力 5MPa，流量 12L/min；油箱容量 100L。其外形结构与液压系统图如图 22.9-5 所示。

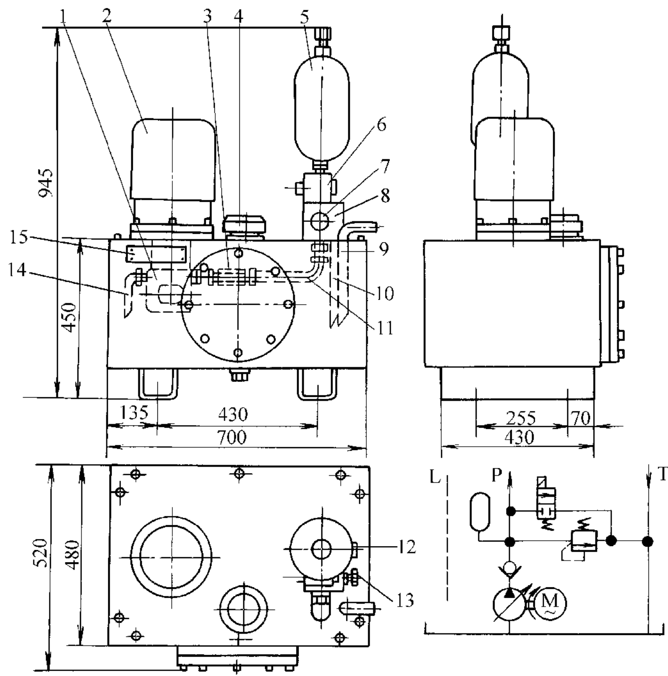


图 22.9-5　TND360-2 型液压站外形图及系统图

1—1P2V3 型变量泵　2—电动机　3—S8A1.2 型单向阀　4—空气过滤器　5—蓄能器　6—SAS6A 型手动换向阀　7—DBDS6K 型直动式溢流阀　8—集成块　9—泄漏油管　10—回油管　11—压力油管　12—进油口　13—回油口　14—吸油管　15—标牌

1.3.5　SYZ 系列液压站

SYZ 系列液压站是为数控机床配套的液压站系列。压力 4～6.3MPa，流量 36～60L/min，油箱容量 130～250L。其外形结构与液压系统图如图 22.9-6 所示。

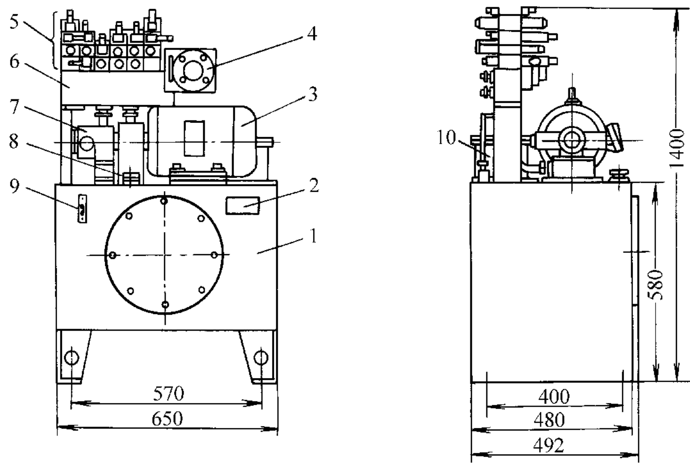


图 22.9-6　SYZ 型液压站外形结构与液压系统图

1—油箱　2—标牌　3—Y100L_1-4 型电动机　4—MS2P20 型六点压力表开关　5—叠加阀组　6—集成块　7—YBN$_1$-25B 型变量叶片泵　8—EF1-25 型空气过滤器　9—液面计　10—YLH-63 型过滤器

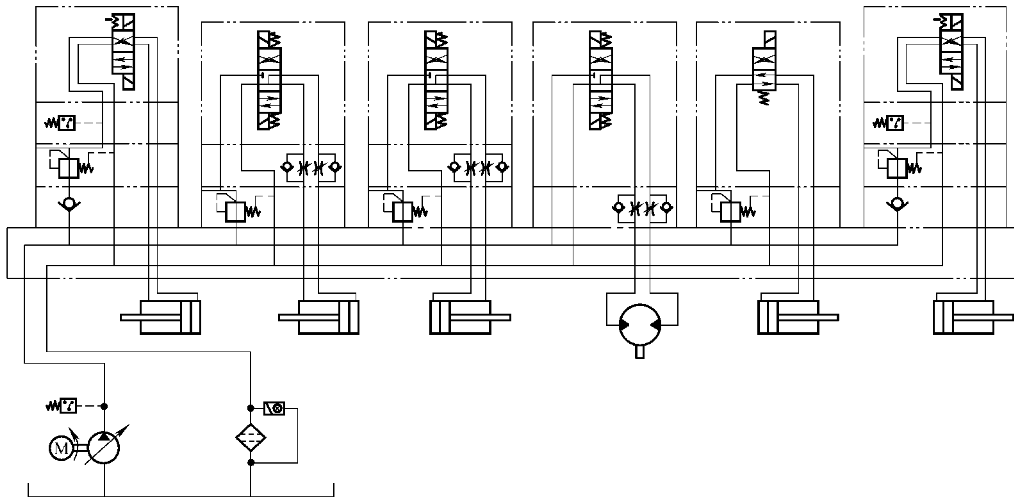


图 22. 9-6　SYZ 型液压站外形结构与液压系统图(续)

2　油箱

油箱在液压系统中除了储油外，还起着散热、分离油液中的气泡、沉淀杂质等作用。油箱中安装有很多辅件，如冷却器、加热器、空气过滤器及液位计等。

油箱可分为开式油箱和闭式油箱两种。开式油箱，箱中液面与大气相通，在油箱盖上装有空气过滤器。开式油箱结构简单，安装维护方便，液压系统普遍采用这种型式。闭式油箱一般用于压力油箱，内充一定压力的惰性气体，充气压力可达 0. 05MPa。如果按油箱的形状来分，还可分为矩形油箱和圆罐形油箱。矩形油箱制造容易，箱上易于安放液压器件，所以被广泛采用；圆罐形油箱强度高，重量轻，易于清扫，但制造较难，占地空间较大，在大型冶金设备中经常采用。

2. 1　油箱的设计要点

图 22. 9-7 为油箱结构简图。

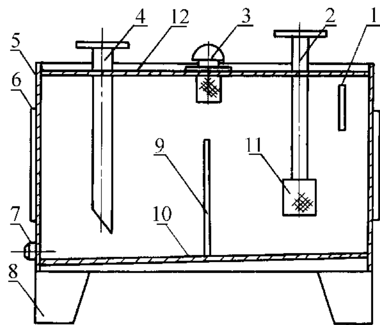


图 22. 9-7　油箱结构简图

1—液位计　2—吸油管　3—空气过滤器　4—回油管
5—侧板　6—人孔盖　7—放油塞　8—地脚　9—隔板
10—底板　11—吸油过滤器　12—盖板

设计油箱时应考虑如下几点：

1）油箱必须有足够大的容积。一方面尽可能地满足散热的要求；另一方面在液压系统停止工作时应能容纳系统中的所有工作介质，而工作时又能保持适当的液位。

2）吸油管及回油管应插入最低液面以下，以防止吸空和回油飞溅产生气泡。管口与箱底、箱壁距离一般不小于管径的 3 倍。吸油管可安装 100μm 左右的网式或线隙式过滤器，安装位置要便于装卸和清洗过滤器。回油管口要斜切 45°角，并面向箱壁，以防止回油冲击油箱底部的沉积物，同时也有利于散热。

3）吸油管和回油管之间的距离要尽可能地远些，之间应设置隔板，以加大液流循环的途径，这样能提高散热、分离空气及沉淀杂质的效果。隔板高度为液面高度的 2/3 ~ 3/4。

4）为了保持油液清洁，油箱应有周边密封的盖板，盖板上装有空气过滤器，注油及通气一般都由一个空气过滤器来完成。为便于放油和清理，箱底要有一定的斜度，并在最低处设置放油阀。对于不易开盖的油箱，要设置清洗孔，以便于油箱内部的清理。

5）油箱底部应距地面 150mm 以上，以便于搬运、放油和散热。在油箱的适当位置要设吊耳，以便吊运，还要设置液位计，以监视液位。

6）对油箱内表面的防腐处理要给予充分的注意。常用的方法有：

① 酸洗后磷化。适用于所有介质，但受酸洗磷化槽限制，油箱不能太大。

② 喷丸后直接涂防锈油。适用于一般矿物油和合成液压油，不适合含水液压液。因不受处理条件限制，大型油箱较多采用此方法。

③ 喷砂后热喷涂氧化铝。适用于除水—乙二醇外的所有介质。

④ 喷砂后进行喷塑。适用于所有介质。但受烘干设备限制，油箱不能过大。

考虑油箱内表面的防腐处理时，不但要顾及与介质的相容性，还要考虑处理后的可加工性、制造到投入使用之间的时间间隔以及经济性，条件允许时采用不锈钢制油箱是最理想的选择。

2.2　油箱容量的计算

液压泵站的油箱公称容量系列(JB/T 7938—1999)见表 22.9-6。

表 22.9-6　油箱公称容量　(L)

2.5	4	6.3	10	16	25	40	63
100	160	250	315	400	500	630	800
1000	1250	1600	2000	3150	4000	5000	6300

油箱容量与系统的流量有关，一般容量可取最大流量的 3～5 倍。另外，油箱容量大小可从散热角度去设计。计算出系统发热量与散热量，再考虑冷却器散热后，从热平衡角度计算出油箱容量。不设冷却器、自然环境冷却时计算油箱容量的方法如下。

1）系统发热量计算　在液压系统中，凡系统中的损失都变成热能散发出来。每一个周期中，每一个工况其效率不同，因此损失也不同。一个周期发热的功率计算公式为

$$H=\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n}N_i(1-\eta_i)t_i \tag{9-1}$$

式中　H——一个周期的平均发热功率(W)；

T——一个周期时间(s)；

N_i——第 i 个工况的输入功率(W)；

η_i——第 i 个工况的效率；

t_i——第 i 个工况持续时间(s)。

2）散热量计算　当忽略系统中其他地方的散热，只考虑油箱散热时，显然系统的总发热功率 H 全部由油箱散热来考虑。这时油箱散热面积 A 的计算公式为

$$A=\frac{H}{K\Delta t} \tag{9-2}$$

式中　A——油箱的散热面积(m^2)；

H——油箱需要散热的热功率（W)；

Δt——油温(一般以 55℃考虑)与周围环境温度的温差(℃)；

K——散热系数，与油箱周围通风条件的好坏有关，通风很差时 $K=8\sim9$；良好时 $K=15\sim17.5$；风扇强行冷却时 $K=20\sim23$；强迫水冷却时 $K=110\sim175$。

3）油箱容量的计算　设油箱长、宽、高比值为 $a:b:c$，则边长分别为 al、bl、cl 时(见图 22.9-8)l 的计算公式为

$$l=\sqrt{\frac{A}{1.5ab+1.8ac+1.8bc}} \tag{9-3}$$

式中　A——散热面积(m^2)。

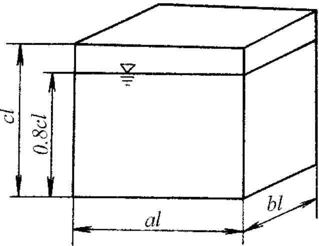


图 22.9-8　油箱容量计算图

3　管路

3.1　管道

液压管道在液压系统中的作用，是连接泵、阀、缸等液压元件，构成液压油传输回路，实现液压能的传递。液压能是以压力和流量的型式传输的，因此液压管道首先应具备承受压力的能力，即必须选用适当的材料和壁厚；同时还应保证恰当的流速，即合理的通径。

在液压传动中常用的管材种类有钢管、铜管、胶管、尼龙管和工程塑料管等。

钢管的通径、外径、壁厚、连接螺纹和推荐流量见表 22.9-7。

表 22.9-7　钢管公称通径、外径、壁厚、连接螺纹和推荐流量

公称通径 DN /mm	钢管外径 /mm	管接头连接螺纹 /mm	公称压力 p_n/MPa ≤2.5	≤8	≤16	≤25	≤31.5	管道通过推荐流量 /$cm^3\cdot s^{-1}$	$L\cdot min^{-1}$
			管道壁厚/mm						
3	6		1	1	1	1	1.4	10.5	0.63
4	8		1	1	1	1.4	1.4	41.7	2.5

（续）

公称通径 DN /mm	钢管外径 /mm	管接头连接螺纹 /mm	公称压力 p_n/MPa					管道通过推荐流量	
			≤2.5	≤8	≤16	≤25	≤31.5	$cm^3 \cdot s$	$L \cdot min^{-1}$
			管道壁厚/mm						
5；6	10	M10×1	1	1	1	1.6	1.6	105	6.3
8	14	M14×1.5	1	1	1.6	2	2	417	25
10；12	18	M18×1.5	1	1.6	1.6	2	2.5	668	40
15	22	M22×1.5	1.6	1.6	2	2.5	3	1050	63
20	28	M27×2	1.6	2	2.5	3.5	4	1670	100
25	34	M33×2	2	2	3	4.5	5	2670	160
32	42	M42×2	2	2.5	4	5	6	4170	250
40	50	M48×2	2.5	3	4.5	5.5	7	6680	400
50	63	M60×2	3	3.5	5	6.5	8.5	10500	630
65	75		3.5	4	6	8	10	16700	1000
80	90		4	5	7	10	12	20880	1250
100	120		5	6	8.5			41700	2500

注：压力管道推荐用 15、20 号冷拔无缝钢管，在 $p_n=8\sim31.5$MPa 时，选用 15 钢；对卡套式管接头用管，采用高精度冷拔钢管；焊接式管接头用管，采用普通级精度的钢管。

钢管能承受较高的压力，价格低，但安装时弯曲半径不能太小（见表 22.9-8），多用在装配位置比较方便的地方。管道支架的距离不得大于表 22.9-8 所列的支架最大距离。

表 22.9-8　推荐钢管弯管的最小曲率半径　（mm）

管道外径 D_0	10	14	18	22	28	34	42	50	63
最小曲率半径	50	70	75	75	90	100	130	150	190
支架最大距离	400	450	500	600	700	800	850	900	1000

注：应从管道的一端大于 1/2 管道外径的距离处开始弯。

液压系统常用的管道连接螺纹有：细牙普通螺纹（M）、米制锥螺纹（ZM）、55°直管螺纹（G）、55°锥管螺纹（R）、60°锥管螺纹（NPT）等。在中、低压管道中，采用锥螺纹型式，通过密封胶带或密封胶即可获得满意的密封效果；在中、高压管道中，推荐采用直螺纹的密封型式 M 或 R，但需附密封圈密封，且对加工的垂直度和密封面的表面粗糙度有较高的要求。

3.2　管道内径的计算

管道内径 d(mm)按流速选取

$$d \geqslant 1130\sqrt{\frac{q_v}{v}} \tag{9-4}$$

式中　q_v——液体流量($m^3 \cdot s^{-1}$)；

v——流速($m \cdot s^{-1}$)，荐用流速：对于吸油管口取 1～2m/s（一般取 1m/s 以下）；对于压油管取 3～6m/s（压力高，管道短或油粘度小的情况取大值，反之取小值，局部或特殊情况可取 $v \leqslant 10$m/s）；对于回油管取 1.5～2.5m/s。

根据流量和流速，可由图 22.9-9 求出管道内径。

3.3　金属管壁厚的计算

$$\delta \geqslant \frac{pd}{2[\sigma]} \tag{9-5}$$

式中　p——工作压力(MPa)；

d——管道内径(mm)；

$[\sigma]$——许用应力（MPa），对于钢管 $[\sigma]=\frac{\sigma_b}{S}$（$\sigma_b$—抗拉强度（MPa）；$S$—安全系数，当 $p \leqslant 7$MPa 时，$S=8$；当 $7\text{MPa} \leqslant p \leqslant 17.5$MPa 时，$S=6$；当 $p \geqslant 17.5$MPa 时，$S=4$），对于铜管 $[\sigma] \leqslant 25$MPa。

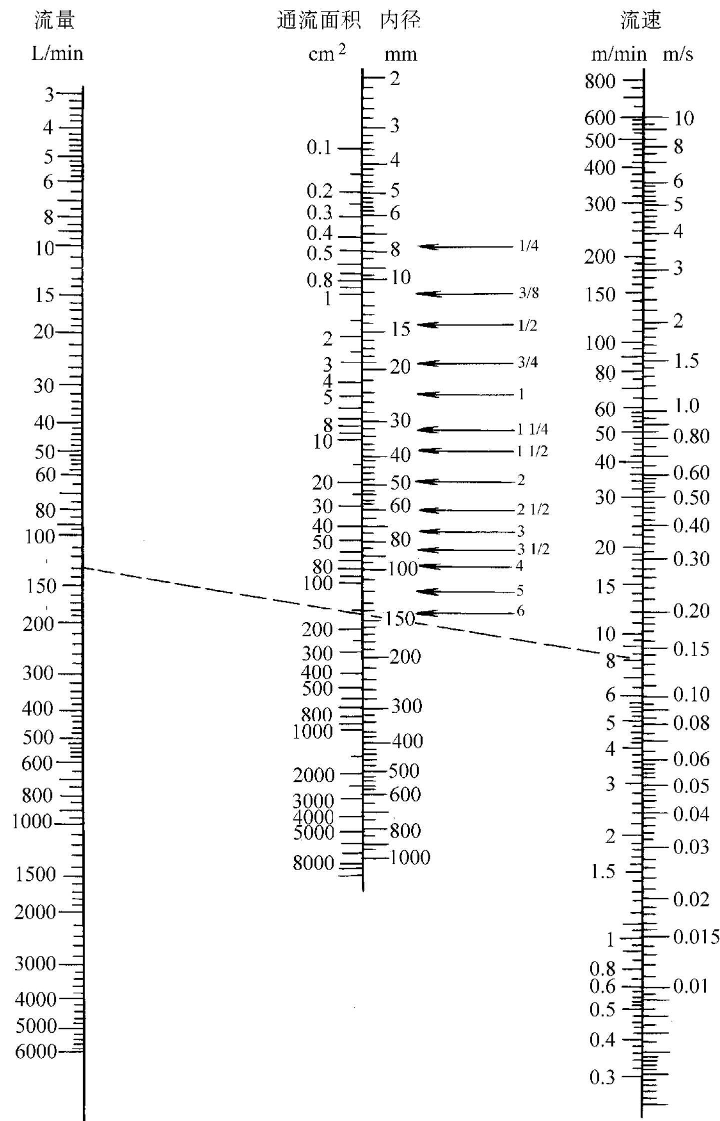


图 22. 9-9　管道的流量、流速、内径关系计算图

3. 4　胶管的选择及注意事项

根据工作压力和按式(9-4)求得的管道内径，选择胶管的尺寸规格。高压胶管的工作压力，对不经常使用的情况可提高 20%；对于使用频繁，经常弯扭者要降低 40%。胶管在使用及设计中应注意下列事项：

1）胶管的弯曲半径不宜过小，一般不应小于表 22. 9-9 所列的值。胶管与管接头的连接处应留有一段直的部分，此段长度不应小于管外径的两倍。

表 22. 9-9　钢丝编织胶管最小弯曲半径　（mm）

钢丝层数	胶管内径	4	6	8	10	13	16	19	22	25	32	38	45	51
Ⅰ	胶管外径	13	15	17	19	23	26	29	32	36	43. 5	49. 5	—	—
	最小弯曲半径	90	100	110	130	190	220	260	320	350	420	500	—	—
Ⅱ	胶管外径	—	17	19	21	25	28	31	34	37. 5	45	51	58	64
	最小弯曲半径	—	120	140	160	190	240	300	350	380	450	500	550	600
Ⅲ	胶管外径	—	19	21	23	27	30	33	36	39	47	53	60	60
	最小弯曲半径	—	140	160	180	240	300	330	380	400	450	500	550	600

2）胶管的长度应考虑到胶管在通入压力油后，长度方向将发生收缩变形，一般收缩量为管长的3%～4%。因此，胶管安装时应避免处于拉紧状态。

3）胶管在安装时应保证不发生扭转变形，为便于安装，可沿管长涂以色纹，以便检查。

4）胶管的管接头轴线，应尽量放置在运动的平面内，避免两端互相运动时胶管受扭。

5）胶管应避免与机械上尖角部分相接触和摩擦，以免管道损坏。

4　管接头

4.1　管接头的类型及特点（见表22.9-10）

表22.9-10　管接头的类型及特点

类　型		结构图	特　点	表及标准号
焊接式管接头			利用接管与管道焊接。接头体和接管之间用O形密封圈端面密封。结构简单，易制造，密封性好，对管道尺寸精度要求不高。要求焊接质量高，装拆不便。工作压力可达63MPa，工作温度－25～80℃，适用于以油为介质的管道系统	表22.9-11～表22.9-22 JB/T 966—2005
卡套式管接头			利用卡套变形卡住管道并进行密封，结构先进，性能良好，重量轻，体积小，使用方便，广泛应用于液压系统中。工作压力可达63MPa，要求管道尺寸精度高，需用冷拔钢管。卡套精度亦高。适用于油、气及一般腐蚀性介质的管道系统	表22.9-23～表22.9-43 GB/T 37331～3760—2008 GB/T 3761～3762—1983 GB/T 3763～3765—2008
扩口式管接头			利用管道端部扩口进行密封，不需其他密封件。结构简单，适用于薄壁管件连接 适用于油、气为介质的压力较低的管道系统	表22.9-44～表22.9-65 GB/T 56251～5635—2008 GB/T 5637～5639—2008 GB/T 5641～5653—2008
承插焊管件			将需要长度的管道插入管接头直至管道端面与管接头内端接触，将管道与管接头焊接成一体，可省去接管，但要求管道尺寸严格，适用于油、气为介质的管道系统	表22.9-66～表22.9-69 GB/T 14383—2008
锥密封焊接式管接头			接管一端为外锥表面加O形密封圈与接头体的内锥表面相配，用螺纹拧紧。工作压力可达16～31.5MPa，工作温度－25～80℃ 适用于油为介质的管道系统	表22.9-70～表22.9-83 JB/T 6381～6385—2007
扣压式软管接头及软管总成			可与扩口式、卡套式、焊接式或快换接头连接使用。工作压力与软管结构及直径有关。适用油、水、气为介质的管道系统 介质温度：油：－40～100℃	表22.9-84～表22.9-91 GB/T 9065.1～9065.3—1988 JB/T 8727—2004
快速接头	两端开闭式		管道拆开后，可自行密封，管道内液体不会流失，因此适用于经常拆卸的场合。结构比较复杂，局部阻力损失较大。适用于油、气为介质的管道系统，工作压力低于31.5MPa，介质温度－20～80℃	表22.9-92 GB/T 8606—2003
	两端开放式		适用于油、气为介质的管道系统，其工作压力介质温度按连接的胶管限定	

4.2　管接头的种类及应用

焊接式、卡套式和扩口式管接头应用较普遍，其基本类型有 7 种：端直通管接头，直通管接头，端直角管接头，直角管接头，端三通管接头，三通管接头和四通管接头。凡带端字的都是用于管端与机件间的连接，其余则用于管件间的连接。下列有 7 种特殊型管接头，其应用如下：

1）端直通长管接头，主要用于螺孔间距过小的地方，它与端直通管接头交错安装，见图 22.9-10。

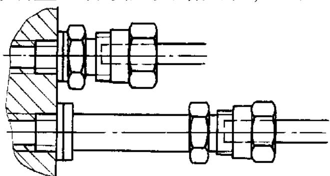


图 22.9-10　端直通长管接头的应用

2）焊接管接头（在焊接式管接头中称分管管接头），用于在大直径的管道上焊上这种管接头，引出一根小直径的管道，见图 22.9-11。

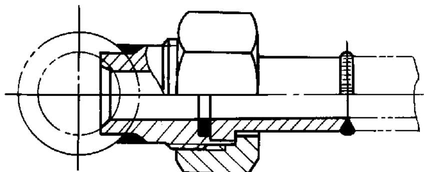


图 22.9-11　焊接管接头的应用

3）隔壁管接头主要用于管道过多成排的布置，可以把管道固定在支架上，或用于密封容器内外的管道连接。用这种管接头，管道通过箱壁时，既能保持箱内密封，又能使管接头得到固定，见图 22.9-12。

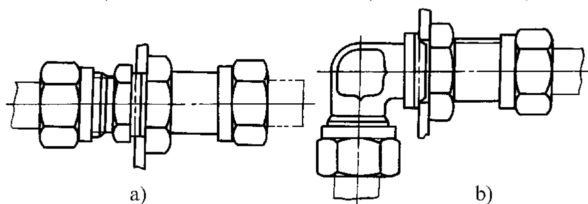


图 22.9-12　隔壁管接头的应用

a）隔壁直通管接头　b）隔壁直角管接头

4）变径管接头用来连接外径不同的管道，见图 22.9-13。

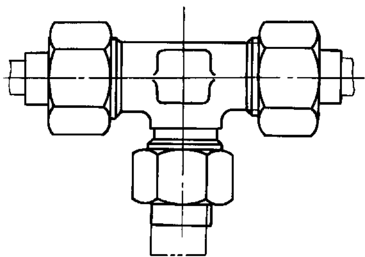


图 22.9-13　变径管接头的应用

5）对接管接头，这种管接头拆卸时，将螺母松开后，管道连同锥体环平移拆下，解决了其他卡套式管接头拆卸时必须轴向移动管道的难题，见图 22.9-14。

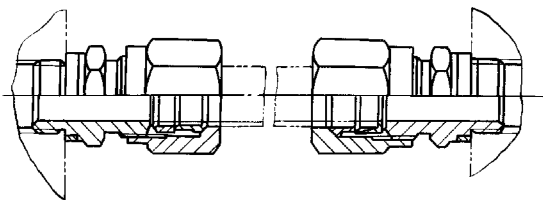


图 22.9-14　对接管接头的应用

6）组合管接头，因卡套式管接头采用米制细牙螺纹，对端直角、端三角管接头来说较难满足方向要求，若选用组合管接头与端直通管接头连接会给复杂的管道系统安装带来方便，同时也能满足任意方向的要求，见图 22.9-15。

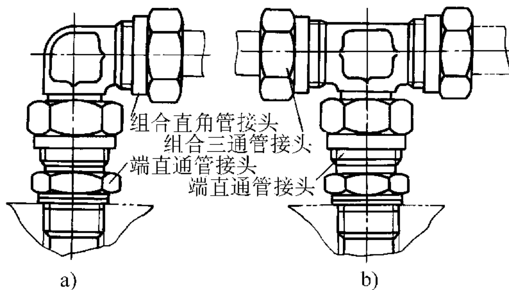


图 22.9-15　组合管接头的应用

a）组合直角管接头　b）组合三通管接头

7）铰接管接头可使管道在一个平面内按任意方向安装。它比组合管接头紧凑，但结构较复杂，见图 22.9-16。

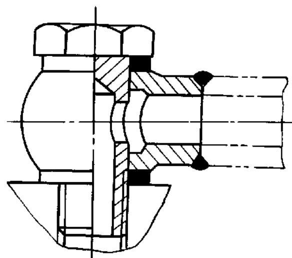


图 22.9-16　铰接管接头的应用

4.3　焊接式管接头规格（摘自 JB/T 966—2005，见表 22.9-11 ~ 表 22.9-22）

焊接式管接头标记方法：

JB/T 966 - ××× - ×× - ×××

- ××× —— 柱端螺纹规格[a]
- ×× —— 管子外径
- ××× —— 接头代号
- JB/T 966 —— 标注编号

注：1. [a] 当没有柱端时不需标注“柱端螺纹规格”。

2. 接头名称及代号见表 22.9-11。

表 22.9-11　接头名称及代号

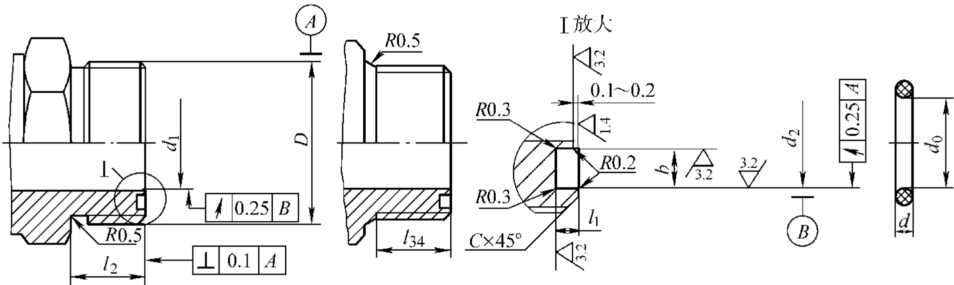
接头名称	接头代号	接头名称	接头代号
焊接接管	HJG	垫圈	DOG
连接螺母	JLM	柱端直通接头	ZZJ
直通接头	ZTJ	45°可调柱端接头	4TJ
直角接头	ZJJ	直角可调柱端接头	JTJ
三通接头	SAJ	三通分支可调柱端接头	SFT
四通接头	SIJ	三通主支可调柱端接头	SZT
直通隔板接头	ZGJ	直角活动接头	JHJ
直角隔板接头	JGJ	三通分支活动接头	SFH
45°隔板接头	4GJ	三通主支活动接头	SZH
三通分支隔板接头	SFG	直通焊接接头	ZWJ
三通主支隔板接头	SZG	直角焊接接头	JWJ
扁螺母	BLM		

标记示例：

示例 1：管子外径为 30mm 的直角接头，标记方法为 JB/T 966-ZJJ-30。

示例 2：管子外径为 8mm、柱端螺纹为 M14×1.5 的直角可调柱端接头，标记方法为：JB/T 966-JTJ-08-M14。

表 22.9-12　O 形圈平面密封连接端结构及尺寸　（mm）



管子外径	O 形圈平面密封端尺寸									O 形圈尺寸	
	D	b +0.06 −0.06	d_1	d_2 尺寸	d_2 公差	l_1 +0.03 −0.03	l_2	l_{34} min	C	d_0	d
6[a]	M12×1.5	2.4	3	8.7	±0.08	1.35	11	10	1	5.3	1.8
6	M14×1.5	2.4	5	10.9		1.35	11	10	1	7.5	1.8
8	M16×1.5	2.4	6	11.9		1.35	11	10	1	8.5	1.8
10	M18×1.5	2.4	7	13.1		1.35	11	10	1.5	9.75	1.8
12	M22×1.5	2.4	10.5	16.6		1.35	12	12	1.5	13.2	1.8
16	M27×1.5	2.4	13	20.4		1.35	13	12	1.5	17	1.8
20	M30×1.5	2.4	15.5	22.4	±0.10	1.35	14	13	1.5	19	1.8
25	M36×2	2.4	20	27		1.35	16	15	2	23.6	1.8
28	M39×2	2.4	22.5	29.9		1.35	18	17	2	26.5	1.8

（续）

管子外径	O形圈平面密封端尺寸									O形圈尺寸	
	D	b +0.06 −0.06	d_1	d_2 尺寸	d_2 公差	l_1 +0.03 −0.03	l_2	l_{34} min	C	d_0	d
30	M42×2	2.4	25	32.4	±0.13	1.35	20	19	2	29	1.8
35	M45×2	2.4	27	34.9		1.35	20	19	2	31.5	1.8
38	M52×2	2.4	32	40.9		1.35	22	21	2	37.5	1.8
42	M60×2	3.6	36	47.6		2.02	24	23	2	42.5	2.65
50	M64×2	3.6	40	51.3		2.02	27	26	2	46.2	2.65

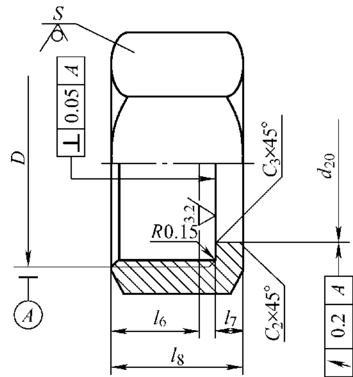
注：1. O形圈尺寸及公差应符合GB/T 3452.1—2005。
2. [a] 接头标记时用“6A”表示管子外径。
3. 退刀槽结构一般用于直通接头体，螺纹收尾结构一般用于直角、三通、四通等接头体。

表22.9-13 焊接接管HJG结构及尺寸 （mm）

管子外径	d_3 0 −0.1	d_4 0 −0.15	d_5	d_6 0 −0.1	d_7	l_3	l_4	l_5	C_1	r_1	r_2
6[a]	7	10	2	6	4	3.5	20	6	0.2	0.15	0.5
6	9	12	2	6	4	4	22	6.5	0.2	0.15	0.5
8	11	14	3	8	5	4.5	24	7.5	0.2	0.15	0.5
10	13	16	4	10	6	5	26	9	0.2	0.15	0.5
12	17	20	5	12	7	5	28	9	0.2	0.15	1
16	22	25	10	16	12	6	32	11	0.2	0.15	1
20	23	27.5	13	20	15	6	32	11	0.2	0.15	1
25	28	33	16	25	18	6	35	11	0.2	0.25	1.5
28	32	36.5	18	28	20	7	38	13	0.2	0.25	1.5
30	34	39	22	30	24	7	38	13	0.3	0.25	1.5
35	38	42.5	27	35	29	7	40	13	0.3	0.25	1.5
38	44.5	49	28	38	30	7	40	13	0.3	0.25	1.5
42	53	57.5	32	42	35	7	44	14	0.3	0.25	1.5
50	57.5	61.5	38	50	41	7	46	14	0.3	0.25	2

注：[a] 接头标记时用“6A”表示管子外径。

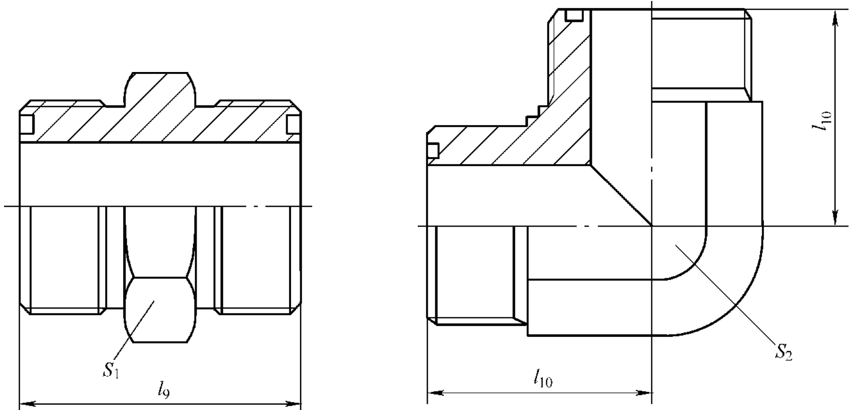
表 22.9-14　连接螺母 JLM 的结构及尺寸　（mm）



管子外径	D	d_{20} 0 +0.1	l_6 min	l_7	l_8	S	C_2	C_3
6[a]	M12×1.5	7.2	9.5	2.5	14.5	14	0.2	0.15
6	M14×1.5	9.2	9.5	2.5	15	17	0.2	0.15
8	M16×1.5	11.2	9.5	3	16	19	0.2	0.15
10	M18×1.5	13.2	9.5	4	17.5	22	0.2	0.15
12	M22×1.5	17.2	11	4	19	27	0.2	0.15
16	M27×1.5	22.2	12	5	21	32	0.2	0.15
20	M30×1.5	23.2	13	5	22	36	0.2	0.15
25	M36×2	28.3	15	5	24	41	0.3	0.25
28	M39×2	32.3	15	6	26	46	0.3	0.25
30	M42×2	34.3	17	6	28	50	0.3	0.25
35	M45×2	38.3	17	6	28	55	0.3	0.25
38	M52×2	44.8	19	6	30	60	0.3	0.25
42	M60×2	53.3	22	7	34	70	0.5	0.25
50	M64×2	57.8	25	7	37	75	0.5	0.25

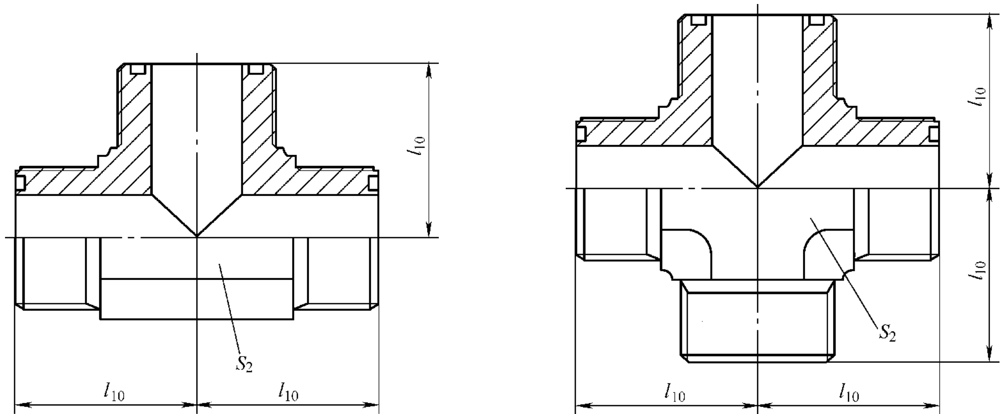
注：[a] 接头标记时用“6A”表示管子外径。

表 22.9-15　O 形圈平面密封接头结构及尺寸　（mm）



直通接头 ZTJ　　直通接头 ZJJ

（续）

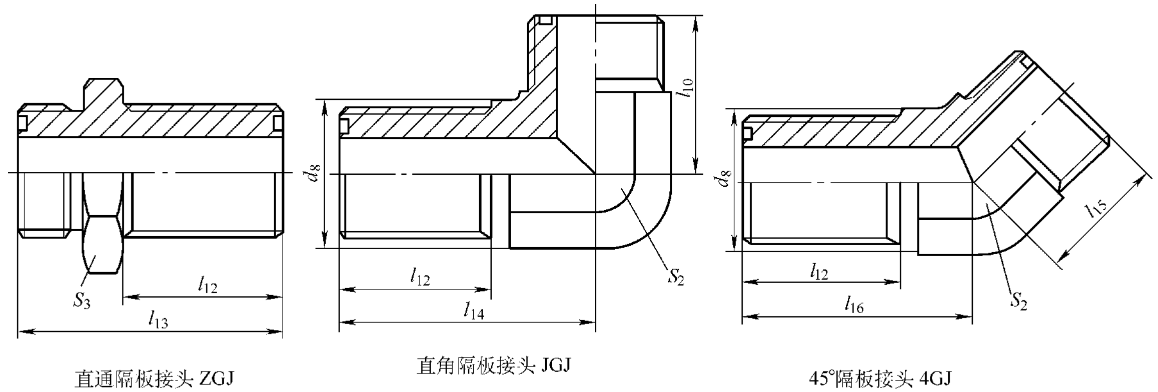


三通接头 SAJ　　　　四通接头 SIJ

管子外径	螺　纹	l_9	l_{10}	S_1	S_2
6[a]	M12×1.5	28	21.5	14	12
6	M14×1.5	28	22.5	17	14
8	M16×1.5	28	24	17	17
10	M18×1.5	28	26	19	19
12	M22×1.5	32	29	24	22
16	M27×1.5	36	32.5	30	27
20	M30×1.5	39	35.5	32	30
25	M36×2	43	42	38	36
28	M39×2	49	47.5	41	41
30	M42×2	53	49.5	46	41
35	M45×2	53	52.5	46	46
38	M52×2	59	57	55	50
42	M60×2	65	65	65	60
50	M64×2	71	71	65	65

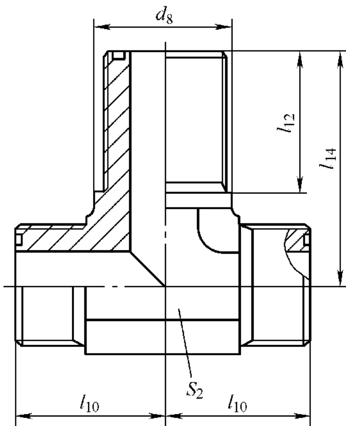
注：[a] 接头标记时用“6A”表示管子外径。

表 22.9-16　O 形圈平面密封隔板接头结构及尺寸　　（mm）

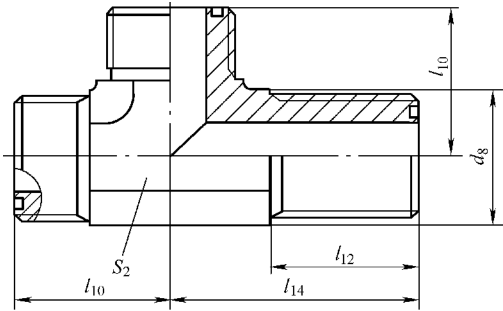


直通隔板接头 ZGJ　　直角隔板接头 JGJ　　45°隔板接头 4GJ

（续）

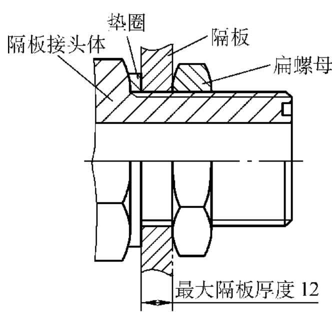


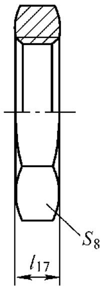
三通分支隔板接头 SFG



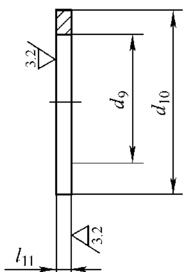
三通主支隔板接头 SZG

隔板接头装配示意图





扁螺母 BLM



垫圈 DQG

管子外径	螺纹	d_8	d_9		d_{10}		l_{10}	l_{11}	l_{12}	l_{13}	l_{14}	l_{15}	l_{16}	l_{17}	S_2	S_3	S_8
			尺寸	公差	尺寸	公差		±0.1						±0.35			
6[a]	M12×1.5	17	12.2	0 +0.24	15.9	0 −0.14	21.5	1.5	32.5	49.5	45.5	19	43.5	6	12	17	17
6	M14×1.5	19	14.2		17.9		22.5	1.5	32.5	49.5	46.5	19.5	44	6	14	19	19
8	M16×1.5	22	16.2		19.9		24	1.5	32.5	51.5	48	20	44.5	6	17	22	22
10	M18×1.5	24	18.2		22.9		26	2	33	52	50	21.5	45.5	6	19	24	24
12	M22×1.5	27	22.2		26.9		29	2	35.5	58	54	24	49	7	22	27	30
16	M27×1.5	36	27.2		31.9	0 −0.28	32.5	2	37	61	58.5	25.5	51.5	8	27	32	36
20	M30×1.5	36	30.2	0 +0.28	35.9		35.5	2	38	63	61.5	27	53.5	8	30	36	41
25	M36×2	41	36.2		41.9	0 −0.34	42	2	42	71	71	31.5	60.5	9	36	41	46
28	M39×2	46	39.2		45.9		47.5	2	44	75	76	36	64	9	41	46	50
30	M42×2	50	42.2	0 +0.34	48.9		49.5	2	46	81	78	38	66	9	41	50	50
35	M45×2	55	45.2		51.9		52.5	2	46	81	81	39	67	9	46	55	55
38	M52×2	60	52.2		59.9		57	2	49	86	86	42	71	10	50	60	65
42	M60×2	70	60.2		67.9		65	2	51	92	94	47.5	75.5	10	60	70	70
50	M64×2	75	64.2		71.9		71	2	54	98	99.5	51.5	79.5	10	65	75	75

注：1. [a] 接头标记时用“6A”表示管子外径。

2. 当隔板与接头之间无密封要求时，垫圈可省略。

表 22.9-17 O 形圈平面密封柱端接头结构及尺寸 (mm)

柱端直通接头 ZZJ

45°可调柱端接头 4TJ

直角可调柱端接头 JTJ

三通分支可调柱端接头 SFT

三通主支可调柱端接头 SZT

可调柱端装配示意图

扁螺母 1

固定柱端

可调柱端

（续）

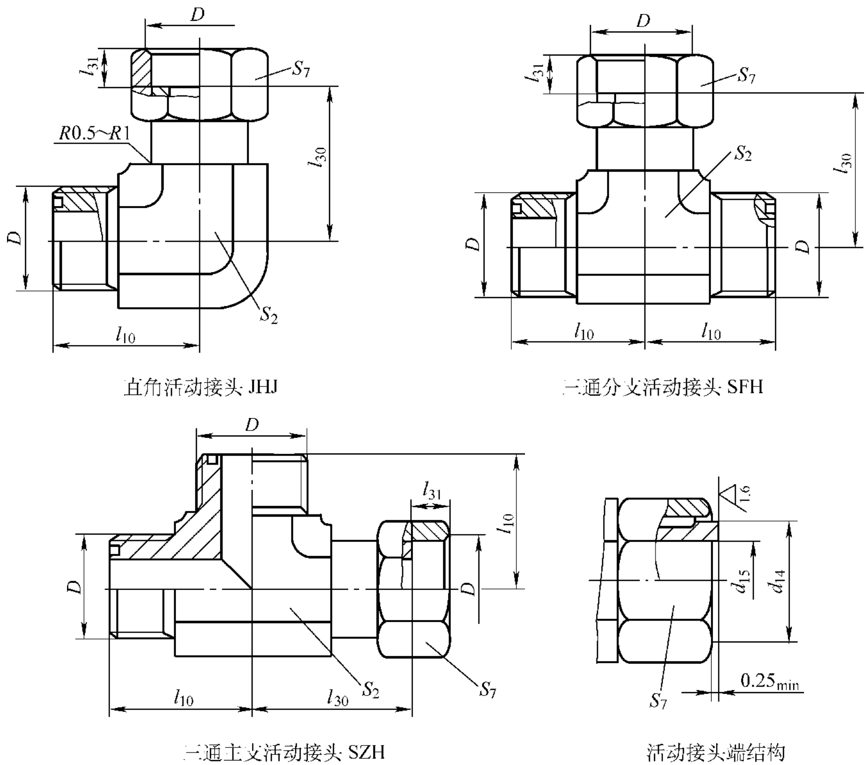
管子外径	D	D_1	d_{11} 0 −0.1	d_{12}	d_{13}		d_{19} ±0.2	l_{18}	l_{19}	l_{20}	l_{21}	l_{22}	l_{23}	l_{24}	l_{25} ±0.2	l_{26} ±0.1	l_{27min}	l_{28} ±0.1	l_{29}	l_{36} 0 −0.3	l_{37} ±0.1	S_4	S_5	S_6	O 形圈 1	
					尺寸	公差																			内径	线径
6[a]	M12×1.5	M10×1	8.4	14.5	3	0 +0.14	13.8	9.5	28	19	25.5	21.5	27.5	7	6.5	4	18	2.5	1	2	1.5	14	12	14	8.1	1.6
6	M14×1.5	M12×1.5	9.7	17.5	4	0 +0.18	16.8	11	29.5	19.5	28.5	22.5	32	8.5	7.5	4.5	21	2.5	1	3	2	17	14	17	9.3	2.2
8	M16×1.5	M14×1.5	11.7	19.5	6	0 +0.18	18.8	11	29.5	20	31.5	24	35.5	8.5	7.5	4.5	21	2.5	1	3	2	19	17	19	11.3	2.2
10	M18×1.5	M16×1.5	13.7	22.5	7	0 +0.22	21.8	12.5	31.5	21.5	33.5	26	38	9	9	4.5	23	2.5	1	3	2	22	19	22	13.3	2.2
12	M22×1.5	M18×1.5	15.7	24.5	9	0 +0.22	23.8	14	34.5	23	38	29	44	10.5	10.5	4.5	26	2.5	1	3	2.5	24	22	24	15.3	2.2
16	M27×1.5	M22×1.5	19.7	27.5	12	0 +0.27	26.8	15	38	24.5	41	32.5	48	11	11	5	27.5	2.5	1.2	3	2.5	30	27	27	19.3	2.2
20	M30×1.5	M27×2	24	32.5	15	0 +0.27	31.8	18.5	43.5	26	46	35.5	55	13.5	13.5	6	33.5	2.5	1.2	4	2.5	32	30	32	23.6	2.9
25	M36×2	M33×2	30	41.5	20	0 +0.33	40.8	18.5	47.5	30.5	48	42	59	13.5	13.5	6	33.5	3	1.2	4	3	41	36	41	29.6	2.9
28	M39×2	M33×2	30	41.5	20	0 +0.33	40.8	18.5	49.5	36	49	47.5	61.5	13.5	13.5	6	33.5	3	1.2	4	3	41	41	41	29.6	2.9
30	M42×2	M42×2	39	50.5	26	0 +0.33	49.8	19	54	38	49	49.5	63	14	14	6	34.5	3	1.2	4	3	50	41	50	38.6	2.9
35	M45×2	M42×2	39	50.5	26	0 +0.33	49.8	19	54	39	51	52.5	67	14	14	6	34.5	3	1.2	4	3	50	46	50	38.6	2.9
38	M52×2	M48×2	45	55.5	32	0 +0.39	54.8	21.5	58.5	42	54	56	71.5	15	16.5	6	38	3	1.2	4	3	55	50	55	44.6	2.9
42	M60×2	M60×2	57	65.5	40	0 +0.39	64.8	24	65	47.5	63.5	65	82	17	19	6	42.5	3	1.2	4	3	65	60	65	56.6	2.9
50	M64×2	M50×2	57	65.5	40	0 +0.39	64.8	24	68	51.5	65	71	85	17	19	6	42.5	3	1.2	4	3	65	65	65	56.6	2.9

注：1. O 形圈 1 的尺寸、公差按 ISO 6149.2。

2. [a] 接头标记时用“6A”表示管子外径。

3. 柱端按照 ISO 6149—2，可调柱端用螺纹收尾或退刀槽结构均可。

表 22.9-18　O 形圈平面密封活动接头的结构及尺寸　（mm）



直角活动接头 JHJ　　三通分支活动接头 SFH

三通主支活动接头 SZH　　活动接头端结构

管子外径	D	d_{14}（参考）	d_{15}	l_{10}	l_{30}	l_{31}	S_2	S_7
6[a]	M12×1.5	10	3	21.5	23	8.5	12	17
6	M14×1.5	12	4	22.5	24.5	8.5	14	19
8	M16×1.5	14	6	24	27.5	8.5	17	22
10	M18×1.5	16	7.5	26	30.5	8.5	19	24
12	M22×1.5	20	10	29	34	10	22	27
16	M27×1.5	25	13	32.5	38.5	10	27	32
20	M30×1.5	27	15	35.5	41.5	11	30	36
25	M36×2	33	20	42	47	13	36	41
28	M39×2	36	22.5	47.5	53	13	41	46
30	M42×2	39	25	49.5	55	15	41	50
35	M45×2	42	27	52.5	57.5	15	46	55
38	M52×2	49	32	57	62	17	50	60
42	M60×2	57	36	65	71.5	20	60	70
50	M64×2	61	38	71	78	23	65	75

注：1. [a] 接头标记时用“6A”表示管子外径。
　　2. 活动螺母与接头体的连接方式由制造商确定。

表 22. 9-19　O 形圈平面密封焊接接头的结构及尺寸　（mm）

直通焊接接头 ZWJ　　直角焊接接头 JWJ

管子外径	D	d_{18}	d_{16}	d_{17}	l_{10}	l_{32}	l_{33}	l_{35}	S_1	S_2
6[a]	M12×1.5	3	3	6	21.5	8	25	16.5	14	12
6	M14×1.5	4	4	6	22.5	8	25	17.5	17	14
8	M16×1.5	6	6	8	24	8	25	19.5	17	17
10	M18×1.5	7	7.5	10	26	12	29	25	19	19
12	M22×1.5	9	10	12	29	12	32.5	27	24	22
16	M27×1.5	12	12	16	32.5	12	35	29.5	30	27
20	M30×1.5	15	15	20	35.5	14	39	33.5	32	30
25	M36×2	20	20	25	42	16	43	39	38	36
28	M39×2	20	22.5	28	47.5	16	47	43	41	41
30	M42×2	26	25	30	49.5	16	49	43	46	41
35	M45×2	26	27	35	52.5	18	51	47.5	46	46
38	M52×2	32	32	38	57	18	55	50	55	50
42	M60×2	40	36	42	65	20	61	58	65	60
50	M64×2	40	38	50	71	20	64	61	65	65

注：[a] 接头标记时用“6A”表示管子外径。

表 22. 9-20　O 形圈平面密封接头工作压力

管子外径/mm		工作压力/MPa		管子外径/mm		工作压力/MPa	
Ⅰ系列	Ⅱ系列	固定柱端	可调柱端	Ⅰ系列	Ⅱ系列	固定柱端	可调柱端
6	—	63	40	—	28	40	31.5
8	—	63	40	30	—	25	25
10	—	63	40	—	35	25	25
12	—	63	40	38	—	25	20
16	—	40	40	—	42	25	16
20	—	40	40	—	50	16	16
25	—	40	31.5				

表 22.9-21　钢管外径尺寸偏差　（mm）

管子外径		外径极限尺寸		管子外径		外径极限尺寸	
Ⅰ系列	Ⅱ系列	min	max	Ⅰ系列	Ⅱ系列	min	max
6	—	5.9	6.1	—	28	27.9	28.1
8	—	7.9	8.1	30	—	29.85	30.15
10	—	9.9	10.1	—	35	34.85	35.15
12	—	11.9	12.1	38	—	37.85	38.15
16	—	15.9	16.1	—	42	41.85	42.15
20	—	19.9	20.1	—	50	49.85	50.15
25	—	24.9	25.1				

注：1. 应优选Ⅰ系列钢管。
　　2. 接头应与相适应的钢管配合使用。
　　3. 碳钢钢管应符合 GB/T 3639—2000 要求。
　　4. 工作压力低时，用户可与制造商协商使用其他标准的钢管。

表 22.9-22　密封垫圈（摘自 JB/T 1002—1977）　（mm）

公称直径	d 尺寸	d 公差	D 尺寸	D 公差	$H_{-0.2}^{0}$	允许同轴度	配用螺纹 螺栓上	配用螺纹 螺孔内
4	4.2	±0.24	7.9	$_{-0.24}^{0}$	1.5	0.1		M10×1
5	5.2		8.9					M12×1.25
7	7.2		10.9					M14×1.5
8	8.2		11.9				M8	
10	10.2		12.9				M10	
12	12.2		15.9					M18×1.5
13	13.2		16.9					M20×1.5
14	14.2		17.9				M14	
15	15.2		18.9	$_{-0.28}^{0}$				M22×1.5
16	16.2		19.9				M16	
18	18.2		22.9		2	0.15		M27×2
20	20.2	±0.28	24.9				M20	
22	22.2		26.9				M22	

公称直径	d 尺寸	d 公差	D 尺寸	D 公差	$H_{-0.2}^{0}$	允许同轴度	配用螺纹 螺栓上	配用螺纹 螺孔内
24	24.2	$_{-0.28}^{0}$	28.9	$_{-0.28}^{0}$	2	0.15		M33×2
27	27.2		31.9				M27	
30	30.2		35.9	$_{+0.34}^{0}$			M30	
32	32.2	$_{0}^{+0.34}$	37.9					M42×2
33	33.2		38.9			0.20	M33	
36	36.2		41.9				M36	M48×2
39	39.2		45.9				M39	
40	40.2		46.9				M40	
42	42.2		48.9				M42	
45	45.2	$_{0}^{+0.40}$	51.9	$_{-0.40}^{0}$		0.25	M45	
48	48.2		54.9				M48	M60×2
52	52.2		59.9				M52	
60	60.2		67.9				M60	

其余 12.5

标记示例：内径 d 为 27.7mm，外径 D 为 31.9mm，厚度 H 为 2mm 的密封垫圈：垫圈 27JB/T 1002—1977

注：适用于焊接、卡套、扩口式管接头及螺塞的密封。材料：纯铝或纯铜（退火后 32～45HBW）。

4.4　卡套式管接头规格（见表 22.9-23～表 22.9-43）

表 22.9-23　卡套式端直通管接头（摘自 GB/T 3733—2008）　（mm）

带 F 型柱端的卡套式端直通管接头和管接头体

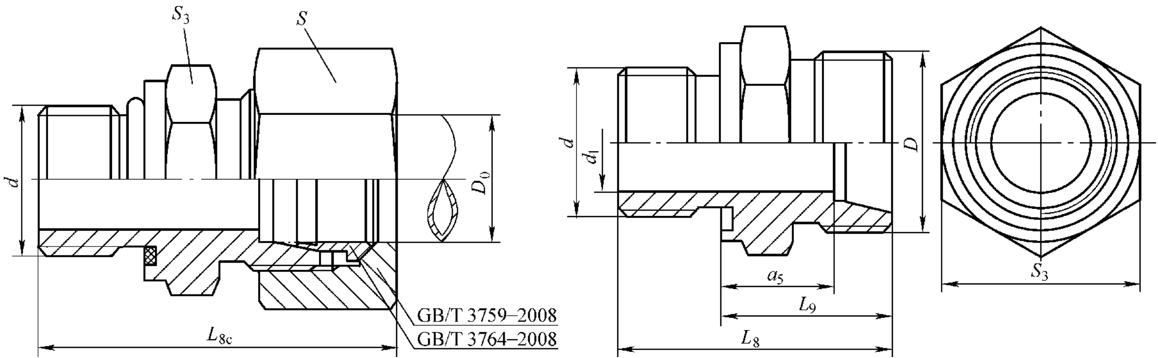
S₃　S　d　D_0　GB/T 3759—2008　GB/T 3764—2008　L_{8c}　d　d_1　D　a_5　L_9　L_8　S_3

标记示例：
接头系列为 L，管子外径为 10mm，普通螺纹（M）F 型柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式端直通管接头标记为：
管接头　GB/T 3733　L10
接头系列为 L，管子外径为 10mm，普通螺纹（M）F 型柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式端直通接头体标记为：
接头体　GB/T 3733　L10

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ≈	S	S_3	a_5 参考
L	25	6	M12×1.5	M10×1	4	16.5	25	33	14	14	9.5
		8	M14×1.5	M12×1.5	6	17	28	36	17	17	10
		10	M16×1.5	M14×1.5	7	18	29	37	19	19	11
		12	M18×1.5	M16×1.5	9	19.5	31	39	22	22	12.5
		（14）	M20×1.5	M18×1.5	10	19.5	32	40	24	24	12.5
		15	M22×1.5	M18×1.5	11	20.5	33	41	27	24	13.5
		（16）	M24×1.5	M20×1.5	12	21	33.5	42.5	30	27	13.5
	16	18	M26×1.5	M22×1.5	14	22	35	44	32	27	14.5
		22	M30×2	M27×2	18	24	40	49	36	32	16.5
	10	28	M36×2	M33×2	23	25	41	50	41	41	17.5
		35	M45×2	M42×2	30	28	44	55	50	50	17.5
		42	M52×2	M48×2	36	30	47.5	59.5	60	55	19
S	63	6	M14×1.5	M12×1.5	4	20	31	39	17	17	13
		8	M16×1.5	M14×1.5	5	22	33	41	19	19	15
		10	M18×1.5	M16×1.5	7	22.5	35	44	22	22	15
		12	M20×1.5	M18×1.5	8	24.5	38.5	47.5	24	24	17
		（14）	M22×1.5	M20×1.5	9	25.5	39.5	48.5	27	27	18
	40	16	M24×1.5	M22×1.5	12	27	42	52	30	27	18.5
		20	M30×2	M27×2	15	31	49.5	60.5	36	32	20.5
		25	M36×2	M33×2	20	35	53.5	65.5	46	41	23
	25	30	M42×2	M42×2	25	37	56	69	50	50	23.5
		38	M52×2	M48×2	32	41.5	63	78	60	55	25.5

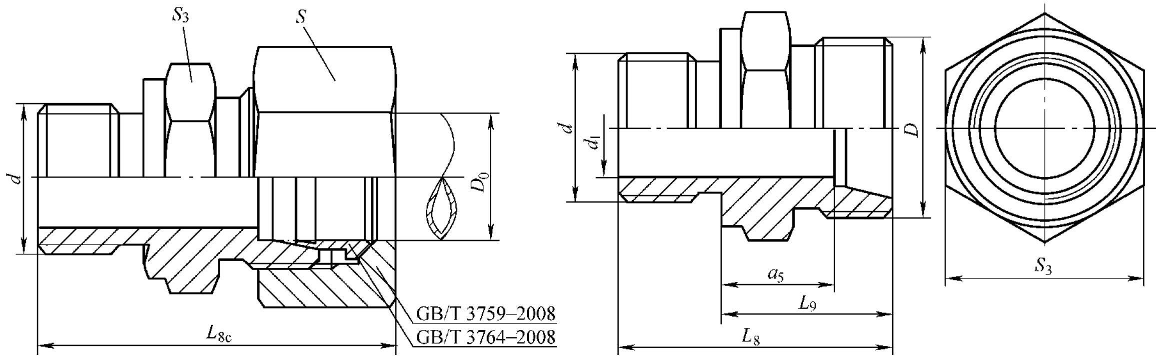
带 E 型柱端的卡套式端直通管接头和管接头体



（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ≈	S	S_3	a_5 参考
L	25	6	M12×1.5	M10×1	4	15.5	23.5	31.5	14	14	8.5
		8	M14×1.5	M12×1.5	6	17	29	37	17	17	10
		10	M16×1.5	M14×1.5	7	18	30	38	19	19	11
		12	M18×1.5	M16×1.5	9	19.5	31.5	39.5	22	22	12.5
		(14)	M20×1.5	M18×1.5	10	19.5	31.5	39.5	24	24	12.5
		15	M22×1.5	M18×1.5	11	20.5	32.5	40.5	27	24	13.5
		(16)	M24×1.5	M20×1.5	12	21	35	44	30	27	13.5
	16	18	M26×1.5	M22×1.5	14	22	36	45	32	27	14.5
		22	M30×2	M26×1.5	18	24	40	49	36	32	16.5
	10	28	M36×2	M33×2	23	25	43	52	41	41	17.5
		35	M45×2	M42×2	30	28	48	59	50	50	17.5
		42	M52×2	M48×2	36	30	52	64	60	55	19
S	63	6	M14×1.5	M12×1.5	4	20	32	40	17	17	13
		8	M16×1.5	M14×1.5	5	22	34	42	19	19	15
		10	M18×1.5	M16×1.5	7	22.5	34.5	43.5	22	22	15
		12	M20×1.5	M18×1.5	8	24.5	36.5	45.5	24	24	17
		(14)	M22×1.5	M20×1.5	9	25.5	39.5	48.5	27	27	18
	40	16	M24×1.5	M22×1.5	12	27	41	51	30	27	18.5
		20	M30×2	M27×2	15	31	47	58	36	32	20.5
		25	M36×2	M33×2	20	35	53	65	46	41	23
	25	30	M42×2	M42×2	25	37	57	70	50	50	23.5
		38	M52×2	M48×2	32	42	64	79	60	55	26

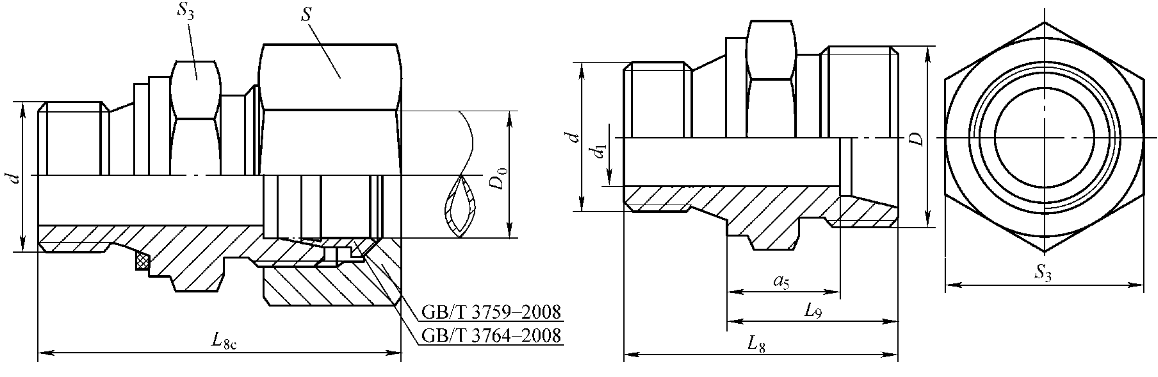
带B型柱端的卡套式端直通管接头和管接头体



（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ≈	S	S_3	a_5 参考
LL	10	4	M8×1	M8×1	3	13.5	21.5	27.5	10	12	9.5
		5	M10×1	M8×1	3	13.5	21.5	27.5	12	12	8
		6	M10×1	M10×1	4	13.5	21.5	27.5	12	14	8
		8	M12×1	M10×1	4.5	14.5	22.5	28.5	14	14	9
L	25	6	M12×1.5	M10×1	4	15.5	23.5	31.5	14	14	8.5
		8	M14×1.5	M12×1.5	6	17	29	37	17	17	10
		10	M16×1.5	M14×1.5	7	18	30	38	19	19	11
		12	M18×1.5	M16×1.5	9	19.5	31.5	39.5	22	22	12.5
		(14)	M20×1.5	M18×1.5	10	19.5	31.5	39.5	24	24	12.5
		15	M22×1.5	M18×1.5	11	20.5	32.5	40.5	27	24	13.5
		(16)	M24×1.5	M20×1.5	12	21	35	44	30	27	13.5
	16	18	M26×1.5	M22×1.5	14	22	36	45	32	27	14.5
		22	M30×2	M26×1.5	18	24	40	49	36	32	16.5
	10	28	M36×2	M33×2	23	25	43	52	41	41	17.5
		35	M45×2	M42×2	30	28	48	59	50	50	17.5
		42	M52×2	M48×2	36	30	52	64	60	55	19
S	40	6	M14×1.5	M12×1.5	4	20	32	40	17	17	13
		8	M16×1.5	M14×1.5	5	22	34	42	19	19	15
		10	M18×1.5	M16×1.5	7	22.5	34.5	43.5	22	22	15
		12	M20×1.5	M18×1.5	8	24.5	36.5	45.5	24	24	17
		(14)	M22×1.5	M20×1.5	9	25.5	39.5	48.5	27	27	18
		16	M24×1.5	M22×1.5	12	27	41	51	30	27	18.5
		20	M30×2	M27×2	15	31	47	58	36	32	20.5
	25	25	M36×2	M33×2	20	35	53	65	46	41	23
	16	30	M42×2	M42×2	25	37	57	70	50	50	23.5
		38	M52×2	M48×2	32	42	64	79	60	55	26

带 A 型柱端的卡套式端直通管接头和管接头体

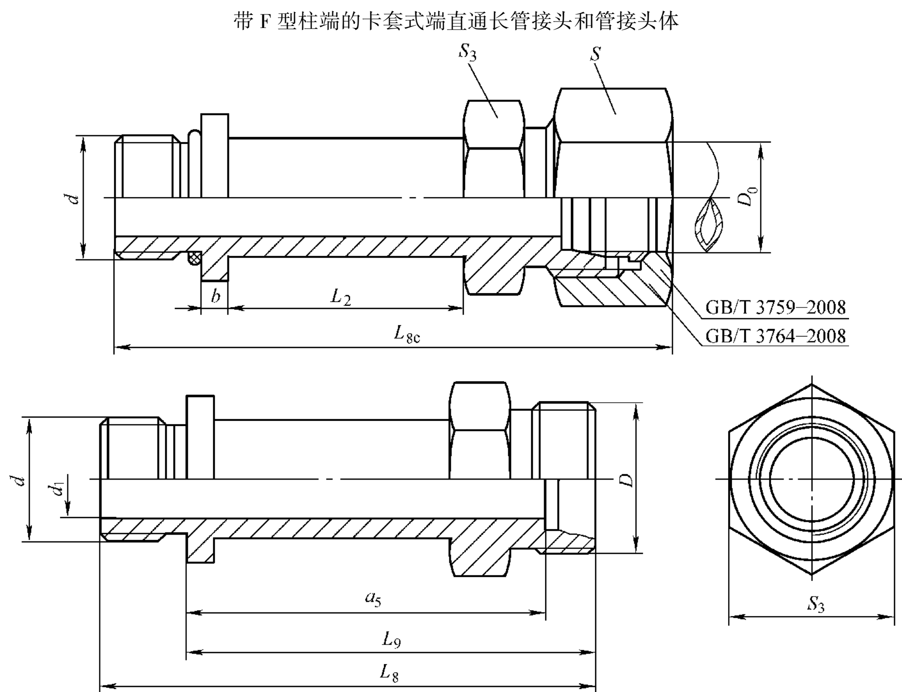


（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	S	普通螺纹柱端（M） d	d_1 参考	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ≈	S_3	a_5 参考	55°非密封管螺纹柱端（G） d	d_1 参考	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ≈	S_3	a_5 参考
LL	10	4	M8×1	10	M8×1	3	13.5	21.5	27.5	12	9.5	G1/8	3	13.5	21.5	27.5	14	9.5
		5	M10×1	12	M8×1	3	13.5	21.5	27.5	12	8	G1/8	3	13.5	21.5	27.5	14	8
		6	M10×1	12	M10×1	4	13.5	21.5	27.5	14	8	G1/8	4	13.5	21.5	27.5	14	8
		8	M12×1	14	M10×1	4.5	14.5	22.5	28.5	14	9	G1/8	4.5	14.5	22.5	28.5	14	9
L	25	6	M12×1.5	14	M10×1	4	15.5	23.5	31.5	14	8.5	G1/8	4	15.5	23.5	31.5	14	8.5
		8	M14×1.5	17	M12×1.5	6	17	29	37	17	10	G1/4	6	17	29	37	19	10
		10	M16×1.5	19	M14×1.5	7	18	30	38	19	11	G1/4	6	18	30	38	19	11
		12	M18×1.5	22	M16×1.5	9	19.5	31.5	39.5	22	12.5	G3/8	9	19.5	31.5	39.5	22	12.5
		（14）	M20×1.5	24	M18×1.5	10	19.5	31.5	39.5	24	12.5	G1/2	11	19.5	34	42	27	12.5
		15	M22×1.5	27	M18×1.5	11	20.5	32.5	40.5	24	13.5	G1/2	11	20.5	35	43	27	13.5
		（16）	M24×1.5	30	M20×1.5	12	21	35	44	27	13.5	G1/2	12	21	35	44	27	13.5
	16	18	M26×1.5	32	M22×1.5	14	22	36	45	27	14.5	G1/2	14	22	36	45	27	14.5
		22	M30×2	36	M26×1.5	18	24	40	49	32	16.5	G3/4	18	24	40	49	32	16.5
	10	28	M36×2	41	M33×2	23	25	43	52	41	17.5	G1	23	25	43	52	41	17.5
		35	M45×2	50	M42×2	30	28	48	59	50	17.5	G1¼	30	28	48	59	50	17.5
		42	M52×2	60	M48×2	36	30	52	64	55	19	G1½	36	30	52	64	55	19
S	63	6	M14×1.5	17	M12×1.5	4	20	32	40	17	13	G1/4	4	20	32	40	19	13
		8	M16×1.5	19	M14×1.5	5	22	34	42	19	15	G1/4	5	22	34	42	19	15
		10	M18×1.5	22	M16×1.5	7	22.5	34.5	43.5	22	15	G3/8	7	22.5	34.5	43.5	22	15
		12	M20×1.5	24	M18×1.5	8	24.5	36.5	45.5	24	17	G3/8	8	24.5	36.5	45.5	22	17
												G1/2	8	25	39	48	27	17.5
		（14）	M22×1.5	27	M20×1.5	9	25.5	39.5	48.5	27	18	G1/2	10	25.5	39.5	48.5	27	18
	40	16	M24×1.5	30	M22×1.5	12	27	41	51	27	18.5	G1/2	12	27	41	51	27	18.5
												G3/4	12	29	45	55	32	20.5
		20	M30×2	36	M27×2	15	31	47	58	32	20.5	G3/4	15	31	47	58	32	20.5
		25	M36×2	46	M33×2	20	35	53	65	41	23	G1	20	35	53	65	41	23
	25	30	M42×2	50	M42×2	25	37	57	70	50	23.5	G1¼	25	37	57	70	50	23.5
		38	M52×2	60	M48×2	32	42	64	79	55	26	G1½	32	42	64	79	55	26

表 22.9-24　卡套式端直通长管接头（摘自 GB/T 3735—2008）　　（mm）

带F型柱端的卡套式端直通长管接头和管接头体



标记示例：

接头系列为L，管子外径为10mm，普通螺纹（M）F型柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式端直通长管接头标记为：

管接头　GB/T 3735　L10

接头系列为L，管子外径为10mm，普通螺纹（M）F型柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式端直通长接头体标记为：

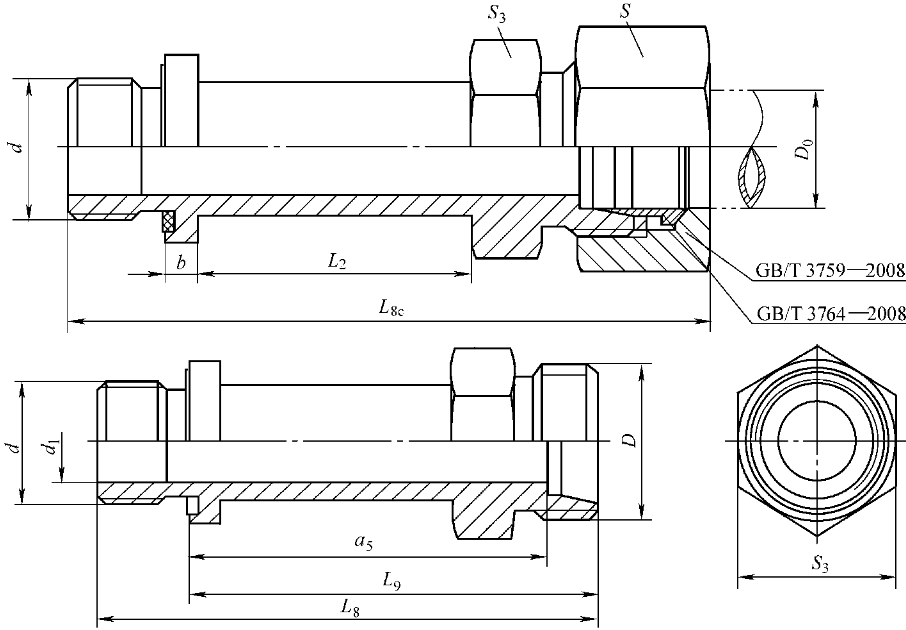
接头体　GB/T 3735　L10

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	L_2	L_{8c} ±0.3	L_8 ±0.3	L_9 参考	b	S	S_3	a_5 参考
L	25	6	M12×1.5	M10×1	4	25	59.4	51.4	42.9	3	14	14	35.9
		8	M14×1.5	M12×1.5	6	27	64.5	56.5	45.5	4	17	17	38.5
		10	M16×1.5	M14×1.5	7	29	67.5	59.5	48.5		19	19	41.5
		12	M18×1.5	M16×1.5	9	30	70.5	62.5	51		22	22	44
		(14)	M20×1.5	M18×1.5	10	31	72.5	64.5	52		24	24	45
		15	M22×1.5	M18×1.5	11	32	74.5	66.5	54		27	24	47
		(16)	M24×1.5	M20×1.5	12	32	76	67	54.5		30	27	47
	16	18	M26×1.5	M22×1.5	14	33	78.5	69.5	56.5		32	27	49
		22	M30×2	M27×2	18	38	89.5	80.5	64.5	5	36	32	57
	10	28	M36×2	M33×2	23	41	93	84	68		41	41	60.5
		35	M45×2	M42×2	30	45	102	91	75		50	50	64.5
		42	M52×2	M48×2	36	46	107.5	95.5	78		60	55	67

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	L_2	L_{8c} ±0.3	L_8 ±0.3	L_9 参考	b	S	S_3	a_5 参考
S	63	6	M14×1.5	M12×1.5	4	29	69.5	61.5	50.5	4	17	17	43.5
		8	M16×1.5	M14×1.5	5	31	73.5	65.5	54.5		19	19	47.5
		10	M18×1.5	M16×1.5	7	32	77.5	68.5	56		22	22	48.5
		12	M20×1.5	M18×1.5	8	33	82	73	59		24	24	51.5
		（14）	M22×1.5	M20×1.5	9	33	83	74	60		27	27	52.5
	40	16	M24×1.5	M22×1.5	12	36	89.5	79.5	64.5		30	27	56
		20	M30×2	M27×2	15	37	100	89	70.5	5	36	32	60
		25	M36×2	M33×2	20	44	111.5	99.5	81		46	41	69
	25	30	M42×2	M42×2	25	45	116	103	84		50	50	70.5
		38	M52×2	M48×2	32	46	126	111	89.5		60	55	73.5

带E型柱端的卡套式端直通长管接头和管接头体

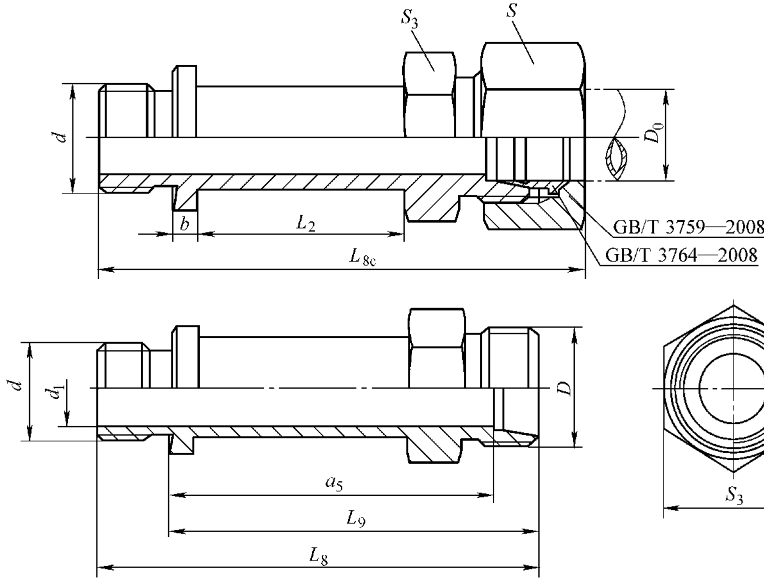


系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	L_2	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ±0.3	b	S	S_3	a_5 参考
L	25	6	M12×1.5	M10×1	4	25	42	50	58	3	14	14	35
		8	M14×1.5	M12×1.5	6	27	46	58	66	4	17	17	39
		10	M16×1.5	M14×1.5	7	29	49	61	69		19	19	42
		12	M18×1.5	M16×1.5	9	30	51.5	63.5	71.5		22	22	44.5
		（14）	M20×1.5	M18×1.5	10	31	52	64	72		24	24	45
		15	M22×1.5	M18×1.5	11	32	54	66	74		27	24	47
		（16）	M24×1.5	M20×1.5	12	32	54.5	68.5	77.5		30	27	47

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	L_2	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ±0.3	b	S	S_3	a_5 参考
L	16	18	M26×1.5	M22×1.5	14	33	56	70	79	4	32	27	48.5
		22	M30×2	M26×1.5	18	38	64	80	89	5	36	32	56.5
	10	28	M36×2	M33×2	23	41	68	86	95		41	41	60.5
		35	M45×2	M42×2	30	45	75	95	106		50	50	64.5
		42	M52×2	M48×2	36	46	78	100	112		60	55	67
S	63	6	M14×1.5	M12×1.5	4	29	51	63	71	4	17	17	44
		8	M16×1.5	M14×1.5	5	31	55	67	75		19	19	48
		10	M18×1.5	M16×1.5	7	32	56.5	68.5	77.5		22	22	49
		12	M20×1.5	M18×1.5	8	33	59	71	80		24	24	51.5
		（14）	M22×1.5	M20×1.5	9	33	60	74	83		27	27	52.5
	40	16	M24×1.5	M22×1.5	12	36	64	78	88		30	27	55.5
		20	M30×2	M27×2	15	37	70	86	97	5	36	32	59.5
		25	M36×2	M33×2	20	44	81	99	111		46	41	69
	25	30	M42×2	M42×2	25	45	84	104	117		50	50	70.5
		38	M52×2	M48×2	32	46	90	112	127		60	55	74

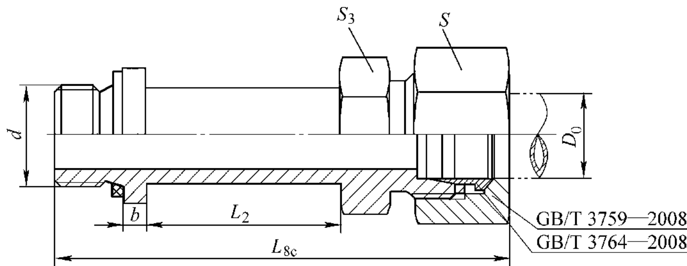
带 B 型柱端的卡套式端直通长管接头和管接头体



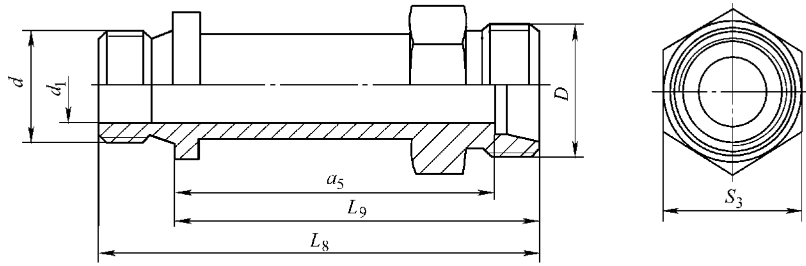
（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	L_2	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ±0.3	b	S	S_3	a_5 参考
LL	10	4	M8×1	M8×1	3	22	37	45	51		10	12	33
		5	M10×1	M8×1	3	23	38	46	52		12	12	32.5
		6	M10×1	M10×1	4	25	40	48	54	3	12	14	34.5
		8	M12×1	M10×1	4.5	27	43	51	57		14	14	37.5
L	25	6	M12×1.5	M10×1	4	25	42	50	58		14	14	35
		8	M14×1.5	M12×1.5	6	27	46	58	66		17	17	39
		10	M16×1.5	M14×1.5	7	29	49	61	69		19	19	42
		12	M18×1.5	M16×1.5	9	30	51.5	63.5	71.5		22	22	44.5
		(14)	M20×1.5	M18×1.5	10	31	52	64	72	4	24	24	45
		15	M22×1.5	M18×1.5	11	32	54	66	74		27	24	47
		(16)	M24×1.5	M20×1.5	12	32	54.5	68.5	77.5		30	27	47
	16	18	M26×1.5	M22×1.5	14	33	56	70	79		32	27	48.5
		22	M30×2	M26×1.5	18	38	64	80	89		36	32	56.5
	10	28	M36×2	M33×2	23	41	68	86	95	5	41	41	60.5
		35	M45×2	M42×2	30	45	75	95	106		50	50	64.5
		42	M52×2	M48×2	36	46	78	100	112		60	55	67
S	40	6	M14×1.5	M12×1.5	4	29	51	63	71		17	17	44
		8	M16×1.5	M14×1.5	5	31	55	67	75		19	19	48
		10	M18×1.5	M16×1.5	7	32	56.5	68.5	77.5	4	22	22	49
		12	M20×1.5	M18×1.5	8	33	59	71	80		24	24	51.5
		(14)	M22×1.5	M20×1.5	9	33	60	74	83		27	27	52.5
		16	M24×1.5	M22×1.5	12	36	64	78	88		30	27	55.5
		20	M30×2	M27×2	15	37	70	86	97		36	32	59.5
	25	25	M36×2	M33×2	20	44	81	99	111	5	46	41	69
	16	30	M42×2	M42×2	25	45	84	104	117		50	50	70.5
		38	M52×2	M48×2	32	46	90	112	127		60	55	74

带A型柱端的卡套式端直通长管接头和管接头体

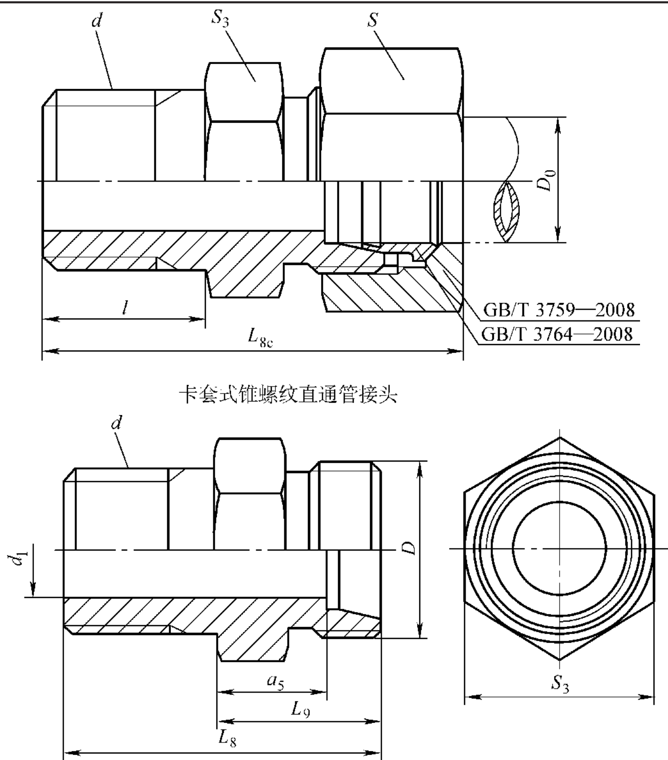


（续）



系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	S	L_2	b	普通螺纹柱端(M) d	d_1 参考	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ±0.3	S_3	a_5 参考	55°非密封管螺纹柱端(G) d	d_1 参考	L_9 参考	L_8 ±0.3	L_{8c} ±0.3	S_3	a_5 参考
LL	10	4	M8×1	10	22	3	M8×1	3	37	45	51	12	33	G1/8	3	37	45	51	14	33
		5	M10×1	12	23		M8×1	3	38	46	52	12	32.5	G1/8	3	38	46	52	14	32.5
		6	M10×1	12	25		M10×1	4	40	48	54	14	34.5	G1/8	4	40	48	54	14	34.5
		8	M12×1	14	27		M10×1	4.5	43	51	57	14	37.5	G1/8	4.5	43	51	57	14	37.5
L	25	6	M12×1.5	14	25		M10×1	4	42	50	58	14	35	G1/8	4	42	50	58	14	35
		8	M14×1.5	17	27	4	M12×1.5	6	46	58	66	17	39	G1/4	6	46	58	66	19	39
		10	M16×1.5	19	29		M14×1.5	7	49	61	69	19	42	G1/4	6	49	61	69	19	42
		12	M18×1.5	22	30		M16×1.5	9	51.5	63.5	71.5	22	44.5	G3/8	9	51	63	71	22	44
		(14)	M20×1.5	24	31		M18×1.5	10	52	64	72	24	45	G1/2	11	52	66.5	74.5	27	45
		15	M22×1.5	27	32		M18×1.5	11	54	66	74	24	47	G1/2	11	54	68	76	27	47
		(16)	M24×1.5	30	32		M20×1.5	12	54.5	68.5	77.5	27	47	G1/2	12	54.5	68.5	77.5	27	47
	16	18	M26×1.5	32	33		M22×1.5	14	56	70	79	27	48.5	G1/2	14	56	70	79	27	48.5
		22	M30×2	36	38	5	M26×1.5	18	64	80	89	32	56.5	G3/4	18	64	80	89	32	56.5
	10	28	M36×2	41	41		M33×2	23	69	87	96	41	60.5	G1	23	69	87	96	41	60.5
		35	M45×2	50	45		M42×2	30	75	95	106	50	64.5	G1¼	30	75	95	106	50	64.5
		42	M52×2	60	46		M48×2	36	78	100	112	55	67	G1½	36	78	100	112	55	67
S	63	6	M14×1.5	17	29	4	M12×1.5	4	51	63	71	17	44	G1/4	4	51	63	71	19	44
		8	M16×1.5	19	31		M14×1.5	5	55	67	75	19	48	G1/4	5	55	67	75	19	48
		10	M18×1.5	22	32		M16×1.5	7	56.5	68.5	77.5	22	49	G3/8	7	56	68	77	22	48.5
		12	M20×1.5	24	33		M18×1.5	8	59	71	80	24	51.5	G3/8	8	59	71	80	22	51.5
														G1/2	8	59	73	82	27	51.5
		(14)	M22×1.5	27	33		M20×1.5	9	60	74	83	27	52.5	G1/2	10	60	74	83	27	52.5
	40	16	M24×1.5	30	36		M22×1.5	12	64	78	88	27	55.5	G1/2	12	64	78	88	27	55.5
														G3/4	12	66	82	92	32	57.5
		20	M30×2	36	37	5	M27×2	15	70	86	97	32	59.5	G3/4	15	70	86	97	32	59.5
		25	M36×2	46	44		M33×2	20	81	99	111	41	69	G1	20	81	99	111	41	69
	25	30	M42×2	50	45		M42×2	25	84	104	117	50	70.5	G1¼	25	84	104	117	50	70.5
		38	M52×2	60	46		M48×2	32	90	112	127	55	74	G1½	32	90	112	127	55	74

表 22.9-25 卡套式锥螺纹直通管接头(摘自 GB/T 3734—2008) (mm)



卡套式锥螺纹直通接头体

标记示例:

接头系列为 L,管子外径为 10mm,55°密封管螺纹(R),表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹直通管接头标记为:

管接头 GB/T 3734 L10/R1/4

接头系列为 L,管子外径为 10mm,55°密封管螺纹(R),表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹直通接头体标记为:

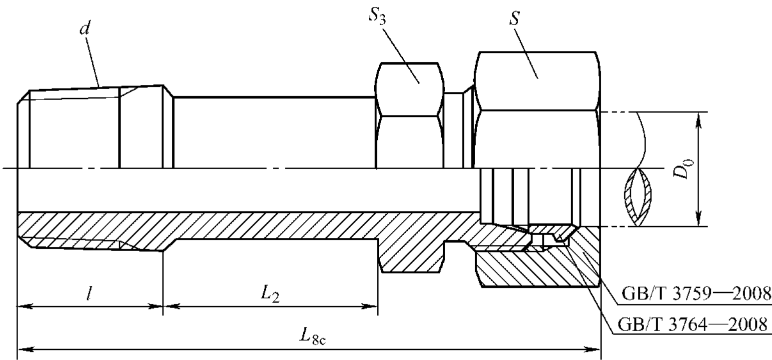
接头体 GB/T 3734 L10/R1/4

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d		d_1 参考	l	L_9 参考	L_8 ≈	L_{8c} ≈	S	S_3	a_5 参考
LL	10	4	M8×1	R1/8	NPT1/8	3	8.5	12	20.5	26.5	10	14	8
		5	M10×1	R1/8	NPT1/8	3	8.5	12	20.5	26.5	12	14	6.5
		6	M10×1	R1/8	NPT1/8	4	8.5	12	20.5	26.5	12	14	6.5
		8	M12×1	R1/8	NPT1/8	4.5	8.5	13	21.5	27.5	14	14	7.5
L	25	6	M12×1.5	R1/8	NPT1/8	4	8.5	14	22.5	30.5	14	14	7
		8	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	6	12.5	15	27.5	35.5	17	19	8
		10	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	7	12.5	16	28.5	36.5	19	19	9
		12	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	9	13	17.5	30.5	38.5	22	22	10.5
		(14)	M20×1.5	R1/2	NPT1/2	11	17	17	34	42	24	27	10
		15	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	11	17	18	35	43	27	27	11
		(16)	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	12	17	18.5	35.5	44.5	30	27	11

（续）

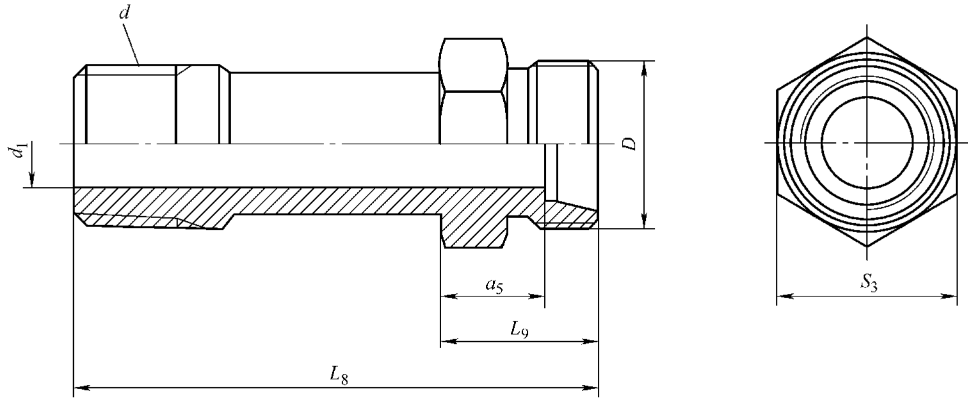
系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d		d_1 参考	l	L_9 参考	L_8 ≈	L_{8c} ≈	S	S_3	a_5 参考
L	16	18	M26×1.5	R1/2	NPT1/2	14	17	19	36	45	32	27	11.5
		22	M30×2	R3/4	NPT3/4	18	18	21	39	48	36	32	13.5
	10	28	M36×2	R1	NPT1	23	21.5	22	43.5	52.5	41	41	14.5
		35	M45×2	R1¼	NPT1¼	30	24	25	49	60	50	50	14.5
		42	M52×2	R1½	NPT1½	36	24	27	51	63	60	55	16
S	40	6	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	4	12.5	18	30.5	38.5	17	19	11
		8	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	5	12.5	20	32.5	40.5	19	19	13
		10	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	7	13	20.5	33.5	42.5	22	22	13
		12	M20×1.5	R3/8	NPT3/8	8	13	22	35	41	24	22	14.5
		(14)	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	10	17	23	40	49	27	27	15.5
		16	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	12	17	24	41	51	30	27	15.5
		20	M30×2	R3/4	NPT3/4	15	18	28	46	57	36	32	17.5
	25	25	M36×2	R1	NPT1	20	21.5	32	53.5	65.5	46	41	20
	16	30	M42×2	R1¼	NPT1¼	25	24	34	58	71	50	50	20.5
		38	M52×2	R1½	NPT1½	32	24	39	63	78	60	55	23

表 22.9-26　卡套式锥螺纹直通长管接头（摘自 GB/T 3736—2008）　　（mm）



卡套式锥螺纹直通长管接头

（续）



卡套式锥螺纹直通长接头体

标记示例：

接头系列为L，管子外径为10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹直通长管接头标记为：

管接头　GB/T 3736　L10/R1/4

接头系列为L，管子外径为10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹直通长接头体标记为：

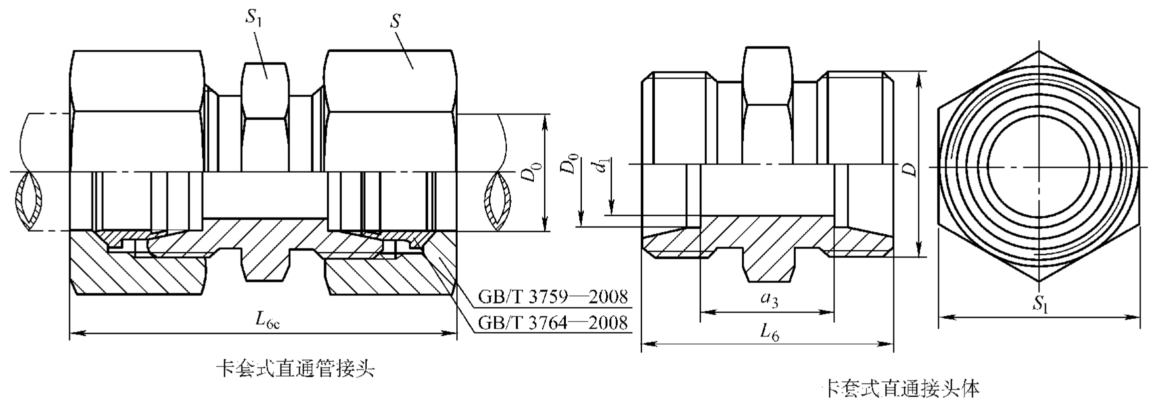
接头体　GB/T 3736　L10/R1/4

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d		d_1 参考	L_2	L_9 参考	L_8 ≈	L_{8c} ≈	l	S	S_3	a_5 参考
LL	10	4	M8×1	R1/8	NPT1/8	3	22	12	42.5	48.5	8.5	10	14	8
		5	M10×1	R1/8	NPT1/8	3	23	12	43.5	49.5	8.5	12	14	6.5
		6	M10×1	R1/8	NPT1/8	4	25	12	45.5	51.5	8.5	12	14	6.5
		8	M12×1	R1/8	NPT1/8	4.5	27	13	48.5	54.5	8.5	14	14	7.5
L	25	6	M12×1.5	R1/8	NPT1/8	4	25	14	47.5	55.5	8.5	14	14	7
		8	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	6	27	15	54.5	62.5	12.5	17	19	8
		10	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	6	29	16	57.5	65.5	12.5	19	19	9
		12	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	9	30	17.5	60.5	68.5	13	22	22	10.5
		(14)	M20×1.5	R1/2	NPT1/2	11	31	17	65	73	17	24	27	10
		15	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	11	32	18	67	75	17	27	27	11
		(16)	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	12	32	18.5	67.5	76.5	17	30	27	11
	16	18	M26×1.5	R1/2	NPT1/2	14	33	19	69	78	17	32	27	11.5
		22	M30×2	R3/4	NPT3/4	18	38	21	77	86	18	36	32	13.5
	10	28	M36×2	R1	NPT1	23	41	22	84.5	93.5	21.5	41	41	14.5
		35	M45×2	R1¼	NPT1¼	30	45	25	94	105	24	50	50	14.5
		42	M52×2	R1½	NPT1½	36	46	27	97	109	24	60	55	16

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d		d_1 参考	L_2	L_9 参考	L_8 ≈	L_{8c} ≈	l	S	S_3	a_5 参考
S	40	6	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	4	29	18	59.5	67.5	12.5	17	19	11
		8	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	5	31	20	63.5	71.5	12.5	19	19	13
		10	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	7	32	20.5	65.5	74.5	13	22	22	13
		12	M20×1.5	R3/8	NPT3/8	8	33	22	68	77	13	24	22	14.5
		(14)	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	10	33	23	73	82	17	27	27	15.5
		16	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	12	36	24	77	87	17	30	27	15.5
		20	M30×2	R3/4	NPT3/4	15	37	28	83	94	18	36	32	17.5
	25	25	M36×2	R1	NPT1	20	44	32	97.5	109.5	21.5	46	41	20
	16	30	M42×2	R1¼	NPT1¼	25	45	34	103	116	24	50	50	20.5
		38	M52×2	R1½	NPT1½	32	46	39	109	124	24	60	55	23

表 22.9-27　卡套式锥螺纹直通管接头(摘自 GB/T 3737—2008)　（mm）



卡套式直通管接头　　卡套式直通接头体

标记示例：

接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹直通管接头标记为：管接头　GB/T 3737　L10

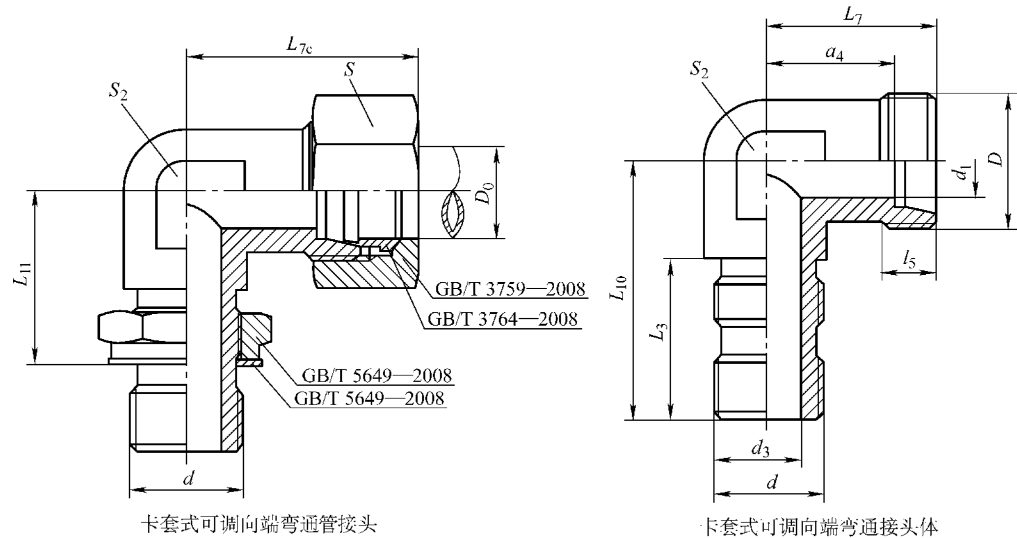
接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹直通接头体标记为：接头体　GB/T 3737　L10

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	L_6 ±0.3	L_{6c} ≈	S	S_1	a_3 参考
LL	10	4	M8×1	3	20	32	10	9	12
		5	M10×1	3.5	20	32	12	11	9
		6	M10×1	4.5	20	32	12	11	9
		8	M12×1	6	23	35	14	12	12

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	L_6 ±0.3	L_{6c} ≈	S	S_1	a_3 参考
L	25	6	M12×1.5	4	24	40	14	12	10
		8	M14×1.5	6	25	41	17	14	11
		10	M16×1.5	8	27	43	19	17	13
		12	M18×1.5	10	28	44	22	19	14
		(14)	M20×1.5	11	28	44	24	22	14
		15	M22×1.5	12	30	46	27	24	16
		(16)	M24×1.5	14	31	49	30	27	16
	16	18	M26×1.5	15	31	49	32	27	16
		22	M30×2	19	35	53	36	32	20
	10	28	M36×2	24	36	54	41	41	21
		35	M45×2	30	41	63	50	46	20
		42	M52×2	36	43	67	60	55	21
S	63	6	M14×1.5	4	30	46	17	14	16
		8	M16×1.5	5	32	48	19	17	18
		10	M18×1.5	7	32	50	22	19	17
		12	M20×1.5	8	34	52	24	22	19
		(14)	M22×1.5	9	36	54	27	24	21
	40	16	M24×1.5	12	38	58	30	27	21
		20	M30×2	16	44	66	36	32	23
		25	M36×2	20	50	74	46	41	26
	25	30	M42×2	25	54	80	50	46	27
		38	M52×2	32	61	91	60	55	29

表 22.9-28　卡套式可调向端弯通管接头(摘自 GB/T 3738—2008)　　(mm)



卡套式可调向端弯通管接头　　　　卡套式可调向端弯通接头体

标记示例：

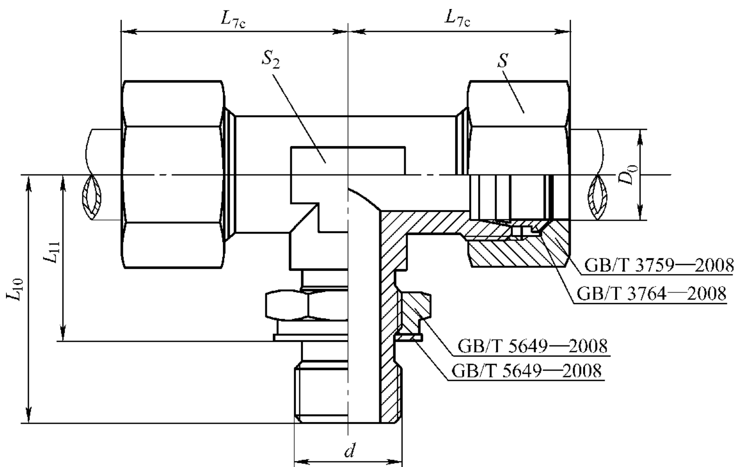
接头系列为 L，管子外径为 10mm，普通螺纹(M)可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式可调向端弯通管接头标记为：管接头　GB/T 3738　L10

接头系列为 L，管子外径为 10mm，普通螺纹(M)可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式可调向端弯通接头体标记为：接头体　GB/T 3738　L10

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	d_3 参考	L_3 min	L_7 ±0.3	L_{7c} ±0.3	L_{10} ±1	L_{11} 参考	l_5 min	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
L	25	6	M12×1.5	M10×1	4	4	16	19	27	25	16.4	7	12	14	12	12
		8	M14×1.5	M12×1.5	6	6	20	21	29	31	19.9	7	14	17	12	14
		10	M16×1.5	M14×1.5	8	7	20	22	30	31	19.9	8	15	19	14	17
		12	M18×1.5	M16×1.5	10	9	20.5	24	32	33.5	21.9	8	17	22	17	19
		(14)	M20×1.5	M18×1.5	11	10	21.5	25	33	35.5	22.9	8	18	24	19	—
		15	M22×1.5	M18×1.5	12	11	21.5	28	36	37.5	24.9	9	21	27	19	—
		(16)	M24×1.5	M20×1.5	14	12	21.5	30	39	40.5	27.8	9	22.5	30	22	—
	16	18	M26×1.5	M22×1.5	15	14	22.5	31	40	41.5	28.8	9	23.5	32	24	—
		22	M30×2	M27×2	19	18	27.5	35	44	48.5	32.8	10	27.5	36	27	—
	10	28	M36×2	M33×2	24	23	27.5	38	47	51.5	35.8	10	30.5	41	36	—
		35	M45×2	M42×2	30	30	27.5	45	56	56.5	40.8	12	34.5	50	41	—
		42	M52×2	M48×2	36	36	29	51	63	64	46.8	12	40	60	50	—
S	63	6	M14×1.5	M12×1.5	4	4	21	23	31	32	20.9	9	16	17	12	14
		8	M16×1.5	M14×1.5	5	5	21	24	32	33	21.9	9	17	19	14	17
		10	M18×1.5	M16×1.5	7	7	23	25	34	36	23.4	9	17.5	22	17	19
		12	M20×1.5	M18×1.5	8	8	26	26	35	40	25.9	9	18.5	24	17	22
		(14)	M22×1.5	M20×1.5	9	9	26	29	38	43.5	28.8	10	21.5	27	22	—
	40	16	M24×1.5	M22×1.5	12	12	27.5	33	43	46.5	31.8	11	24.5	30	24	—
		20	M30×2	M27×2	16	15	33.5	37	48	54.5	36.3	12	26.5	36	27	—
		25	M36×2	M33×2	20	20	33.5	45	57	60.5	42.3	14	33	46	36	—
	25	30	M42×2	M42×2	25	25	34.5	49	62	63.5	44.8	16	35.5	50	41	—
		38	M52×2	M48×2	32	32	38	57	72	73	51.8	18	41	60	50	—

表 22.9-29　卡套式可调向端三通管接头(摘自 GB/T 3741—2008)　（mm）



卡套式可调向端三通管接头

（续）

卡套式可调向端三通接头体

标记示例：

接头系列为L，管子外径为10mm，普通螺纹（M）可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式可调向端三通管接头标记为：管接头 GB/T 3741 L10

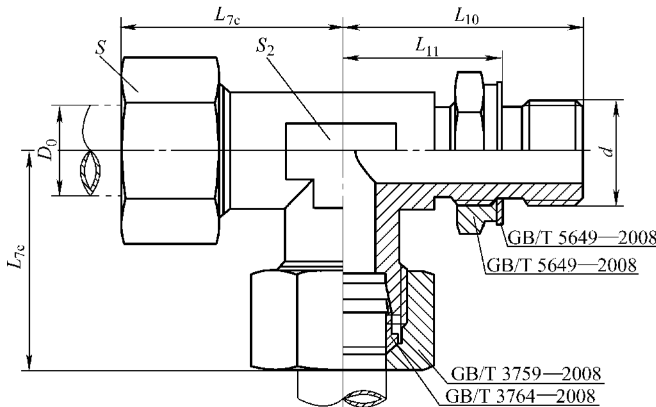
接头系列为L，管子外径为10mm，普通螺纹（M）可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式可调向端三通接头体标记为：接头体 GB/T 3741 L10

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	d_3 参考	L_3 min	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	L_{10} ±1	L_{11} 参考	l_5 min	a_4 参考	S	S_2	
															锻制 min	机械加工 max
L	25	6	M12×1.5	M10×1	4	4	16	19	27	25	16.4	7	12	14	12	12
		8	M14×1.5	M12×1.5	6	6	20	21	29	31	19.9	7	14	17	12	14
		10	M16×1.5	M14×1.5	8	7	20	22	30	31	19.9	8	15	19	14	17
		12	M18×1.5	M16×1.5	10	9	20.5	24	32	33.5	21.9	8	17	22	17	19
		（14）	M20×1.5	M18×1.5	11	10	21.5	25	33	35.5	22.9	8	18	24	19	—
		15	M22×1.5	M18×1.5	12	11	21.5	28	36	37.5	24.9	9	21	27	19	—
		（16）	M24×1.5	M20×1.5	14	12	21.5	30	39	40.5	27.8	9	22.5	30	22	—
	16	18	M26×1.5	M22×1.5	15	14	22.5	31	40	41.5	28.8	9	23.5	32	24	—
		22	M30×2	M27×2	19	18	27.5	35	44	48.5	32.8	10	27.5	36	27	—
	10	28	M36×2	M33×2	24	23	27.5	38	47	51.5	35.8	10	30.5	41	36	—
		35	M45×2	M42×2	30	30	27.5	45	56	56.5	40.8	12	34.5	50	41	—
		42	M52×2	M48×2	36	36	29	51	63	64	46.8	12	40	60	50	—

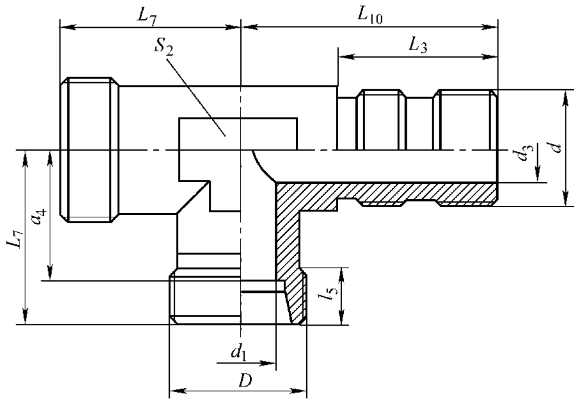
（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	d_3 参考	L_3 min	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	L_{10} ±1	L_{11} 参考	l_5 min	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
S	63	6	M14×1.5	M12×1.5	4	4	21	23	31	32	20.9	9	16	17	12	14
		8	M16×1.5	M14×1.5	5	5	21	24	32	33	21.9	9	17	19	14	17
		10	M18×1.5	M16×1.5	7	7	23	25	34	36	23.4	9	17.5	22	17	19
		12	M20×1.5	M18×1.5	8	8	26	26	35	40	25.9	9	18.5	24	17	22
		(14)	M22×1.5	M20×1.5	9	9	26	29	38	43.5	28.8	10	21.5	27	22	—
	40	16	M24×1.5	M22×1.5	12	12	27.5	33	43	46.5	31.8	11	24.5	30	24	—
		20	M30×2	M27×2	16	15	33.5	37	48	54.5	36.3	12	26.5	36	27	—
		25	M36×2	M33×2	20	20	33.5	45	57	60.5	42.3	14	33	46	36	—
	25	30	M42×2	M42×2	25	25	34.5	49	62	63.5	44.8	16	35.5	50	41	—
		38	M52×2	M48×2	32	32	38	57	72	73	51.8	18	41	60	50	—

表 22.9-30　卡套式可调向端弯通三通管接头（摘自 GB/T 3743—2008）　（mm）



卡套式可调向端弯通三通管接头



卡套式可调向端弯通三通接头体

标记示例：

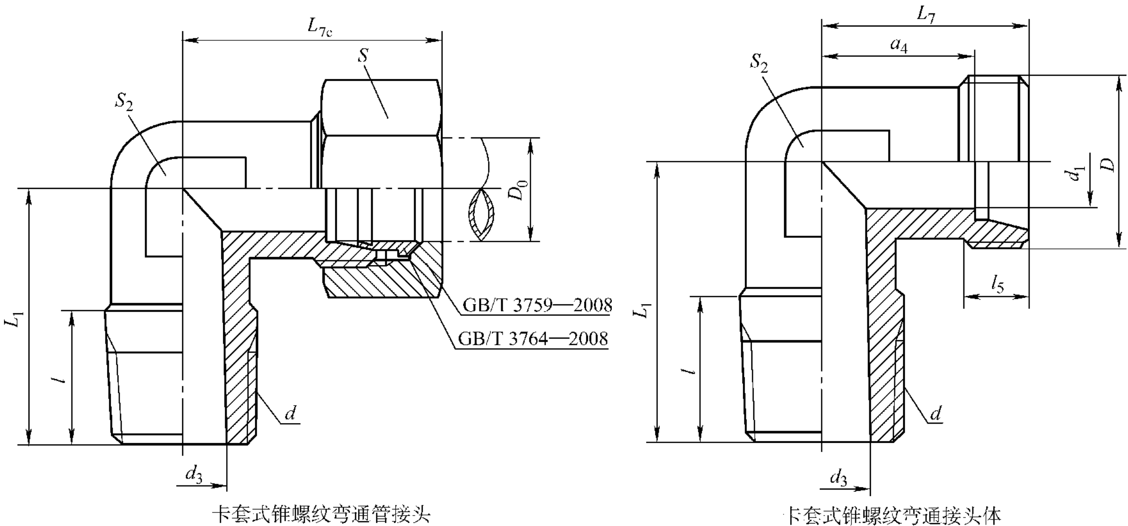
接头系列为L，管子外径为10mm，普通螺纹（M）可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式可调向端弯通三通管接头标记为：管接头　GB/T 3743　L10

接头系列为L，管子外径为10mm，普通螺纹（M）可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式可调向端弯通三通接头体标记为：接头体　GB/T 3741　L10

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d	d_1 参考	d_3 参考	L_3 min	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	L_{10} ±1	L_{11} 参考	l_5 min	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
L	25	6	M12×1.5	M10×1	4	4	16	19	27	25	16.4	7	12	14	12	12
		8	M14×1.5	M12×1.5	6	6	20	21	29	31	19.9	7	14	17	12	14
		10	M16×1.5	M14×1.5	8	7	20	22	30	31	19.9	8	15	19	14	17
		12	M18×1.5	M16×1.5	10	9	20.5	24	32	33.5	21.9	8	17	22	17	19
		（14）	M20×1.5	M18×1.5	11	10	21.5	25	33	35.5	22.9	8	18	24	19	—
		15	M22×1.5	M18×1.5	12	11	21.5	28	36	37.5	24.9	9	21	27	19	—
		（16）	M24×1.5	M20×1.5	14	12	21.5	30	39	40.5	27.8	9	22.5	30	22	—
	16	18	M26×1.5	M22×1.5	15	14	22.5	31	40	41.5	28.8	9	23.5	32	24	—
		22	M30×2	M27×2	19	18	27.5	35	44	48.5	32.8	10	27.5	36	27	—
	10	28	M36×2	M33×2	24	23	27.5	38	47	51.5	35.8	10	30.5	41	36	—
		35	M45×2	M42×2	30	30	27.5	45	56	56.5	40.8	12	34.5	50	41	—
		42	M52×2	M48×2	36	36	29	51	63	64	46.8	12	40	60	50	—
S	63	6	M14×1.5	M12×1.5	4	4	21	23	31	32	20.9	9	16	17	12	14
		8	M16×1.5	M14×1.5	5	5	21	24	32	33	21.9	9	17	19	14	17
		10	M18×1.5	M16×1.5	7	7	23	25	34	36	23.4	9	17.5	22	17	19
		12	M20×1.5	M18×1.5	8	8	26	26	35	40	25.9	9	18.5	24	17	22
		（14）	M22×1.5	M20×1.5	9	9	26	29	38	43.5	28.8	10	21.5	27	22	—
	40	16	M24×1.5	M22×1.5	12	12	27.5	33	43	46.5	31.8	11	24.5	30	24	—
		20	M30×2	M27×2	16	15	33.5	37	48	54.5	36.3	12	26.5	36	27	—
		25	M36×2	M33×2	20	20	33.5	45	57	60.5	42.3	14	33	46	36	—
	25	30	M42×2	M42×2	25	25	34.5	49	62	63.5	44.8	16	35.5	50	41	—
		38	M52×2	M48×2	32	32	38	57	72	73	51.8	18	41	60	50	—

表 22.9-31　卡套式锥螺纹弯通管接头（摘自 GB/T 3739—2008）　（mm）



卡套式锥螺纹弯通管接头　　　卡套式锥螺纹弯通接头体

标记示例：

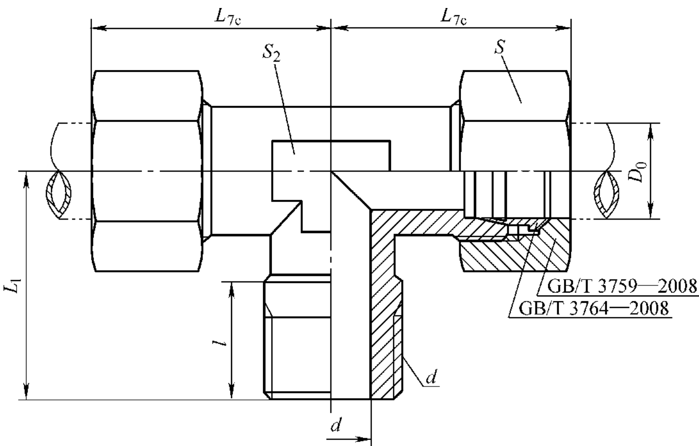
接头系列为 L，管子外径为 10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹弯通管接头标记为：管接头 GB/T 3739　L10/R1/4

接头系列为 L，管子外径为 10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹弯通接头体标记为：接头体 GB/T 3739　L10/R1/4

（续）

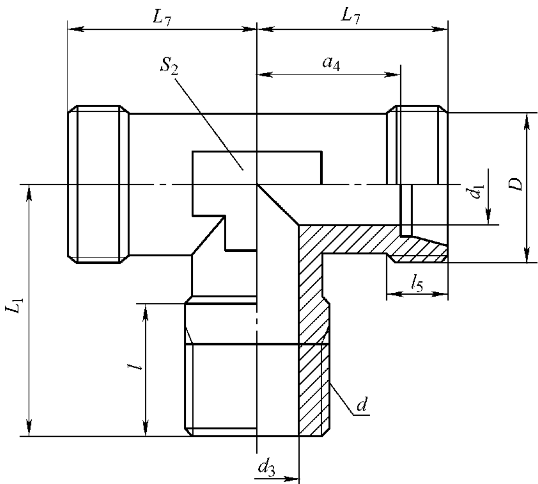
系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d		d_1 参考	d_3	L_1	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	l	l_5 min	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
LL	10	4	M8×1	R1/8	NPT1/8	3	3	15.5	15	21	8.5	6	11	10	9	6
		5	M10×1	R1/8	NPT1/8	3.5	3	15.5	15	21	8.5	6	9.5	12	9	6
		6	M10×1	R1/8	NPT1/8	4.5	4	15.5	15	21	8.5	6	9.5	12	9	6
		8	M12×1	R1/8	NPT1/8	6	4.5	16.5	17	23	8.5	7	11.5	14	12	7
L	25	6	M12×1.5	R1/8	NPT1/8	4	4	17.5	19	27	8.5	7	12	14	12	7
		8	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	6	6	23.5	21	29	12.5	7	14	17	12	7
		10	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	8	6	23.5	22	30	12.5	8	15	19	14	8
		12	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	10	9	26	24	32	13	8	17	22	17	8
		(14)	M20×1.5	R1/2	NPT1/2	11	11	31	25	33	17	8	18	24	19	8
		15	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	12	11	33	28	36	17	9	21	27	19	9
		(16)	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	14	12	35	30	39	17	9	22.5	30	22	9
	16	18	M26×1.5	R1/2	NPT1/2	15	14	36	31	40	17	9	23.5	32	24	9
		22	M30×2	R3/4	NPT3/4	19	18	39	35	44	18	10	27.5	36	27	10
	10	28	M36×2	R1	NPT1	24	23	45.5	38	47	21.5	10	30.5	41	36	10
		35	M45×2	R1¼	NPT1¼	30	30	53	45	56	24	12	34.5	50	41	12
		42	M52×2	R1½	NPT1½	36	36	59	51	63	24	12	40	60	50	12
S	40	6	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	4	4	23.5	23	31	12.5	9	16	17	12	9
		8	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	5	5	24.5	24	32	12.5	9	17	19	14	9
		10	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	7	7	26	25	34	13	9	17.5	22	17	9
		12	M20×1.5	R3/8	NPT3/8	8	8	27	26	35	13	9	18.5	24	17	9
		(14)	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	9	10	33	29	38	17	10	21.5	27	22	10
		16	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	12	12	36	33	43	17	11	24.5	30	24	11
		20	M30×2	R3/4	NPT3/4	16	15	39	37	48	18	12	26.5	36	27	12
	25	25	M36×2	R1	NPT1	20	20	48.5	45	57	21.5	14	33	46	36	14
	16	30	M42×2	R1¼	NPT1¼	25	25	53	49	62	24	16	35.5	50	41	—
		38	M52×2	R1½	NPT1½	32	32	59	57	72	24	18	41	60	50	—

表 22.9-32　卡套式锥螺纹三通管接头(摘自 GB/T 3742—2008)　(mm)



卡套式锥螺纹三通管接头

（续）



卡套式锥螺纹三通接头体

标记示例：

接头系列为L，管子外径为10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹三通管接头标记为：管接头 GB/T 3742 L10/R1/4

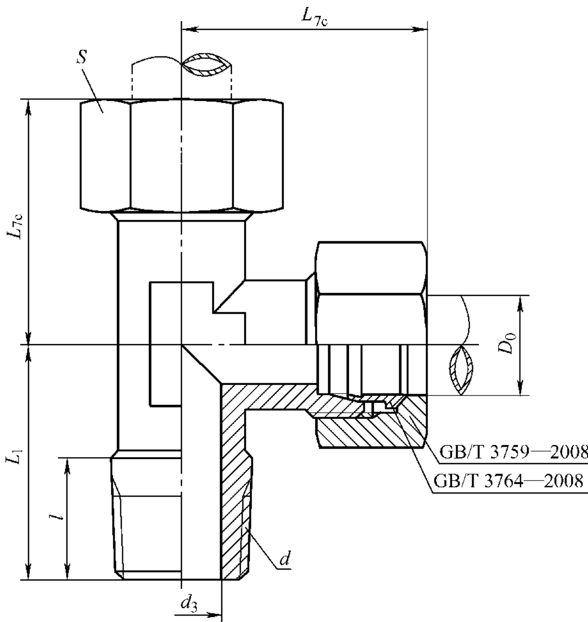
接头系列为L，管子外径为10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹三通接头体标记为：接头体 GB/T 3742 L10/R1/4

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d		d_1 参考	d_3	L_1	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	l	l_5 min	a_4 参考	S	S_2	
															锻制 min	机械加工 max
LL	10	4	M8×1	R1/8	NPT1/8	3	3	15.5	15	21	8.5	6	11	10	9	6
		5	M10×1	R1/8	NPT1/8	3.5	3	15.5	15	21	8.5	6	9.5	12	9	6
		6	M10×1	R1/8	NPT1/8	4.5	4	15.5	15	21	8.5	6	9.5	12	9	6
		8	M12×1	R1/8	NPT1/8	6	4.5	16.5	17	23	8.5	7	11.5	14	12	7
L	25	6	M12×1.5	R1/8	NPT1/8	4	4	17.5	19	27	8.5	7	12	14	12	7
		8	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	6	6	23.5	21	29	12.5	7	14	17	12	7
		10	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	8	6	23.5	22	30	12.5	8	15	19	14	8
		12	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	10	9	26	24	32	13	8	17	22	17	8
		(14)	M20×1.5	R1/2	NPT1/2	11	11	31	25	33	17	8	18	24	19	8
		15	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	12	11	33	28	36	17	9	21	27	19	9
		(16)	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	14	12	35	30	39	17	9	22.5	30	22	9
	16	18	M26×1.5	R1/2	NPT1/2	15	14	36	31	40	17	9	23.5	32	24	9
		22	M30×2	R3/4	NPT3/4	19	18	39	35	44	18	10	27.5	36	27	10
	10	28	M36×2	R1	NPT1	24	23	45.5	38	47	21.5	10	30.5	41	36	10
		35	M45×2	R1¼	NPT1¼	30	30	53	45	56	24	12	34.5	50	41	12
		42	M52×2	R1½	NPT1½	36	36	59	51	63	24	12	40	60	50	12

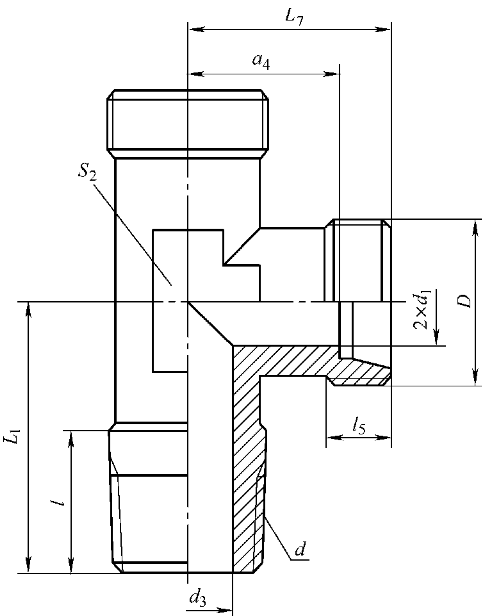
（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d		d_1 参考	d_3	L_1	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	l	l_5 min	a_4 参考	S	S_2	
															锻制 min	机械加工 max
S	40	6	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	4	4	23.5	23	31	12.5	9	16	17	12	9
		8	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	5	5	24.5	24	32	12.5	9	17	19	14	9
		10	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	7	7	26	25	34	13	9	17.5	22	17	9
		12	M20×1.5	R3/8	NPT3/8	8	8	27	26	35	13	9	18.5	24	17	9
		(14)	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	9	10	33	29	38	17	10	21.5	27	22	10
		16	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	12	12	36	33	43	17	11	24.5	30	24	11
		20	M30×2	R3/4	NPT3/4	16	15	39	37	48	18	12	26.5	36	27	12
	25	25	M36×2	R1	NPT1	20	20	48.5	45	57	21.5	14	33	46	36	14
	16	30	M42×2	R1¼	NPT1¼	25	25	53	49	62	24	16	35.5	50	41	—
		38	M52×2	R1½	NPT1½	32	32	59	57	72	24	18	41	60	50	—

表 22.9-33　卡套式锥螺纹弯通三通管接头(摘自 GB/T 3744—2008)　　(mm)



卡套式锥螺纹弯通三通管接头



卡套式锥螺纹弯通三通接头体

标记示例：

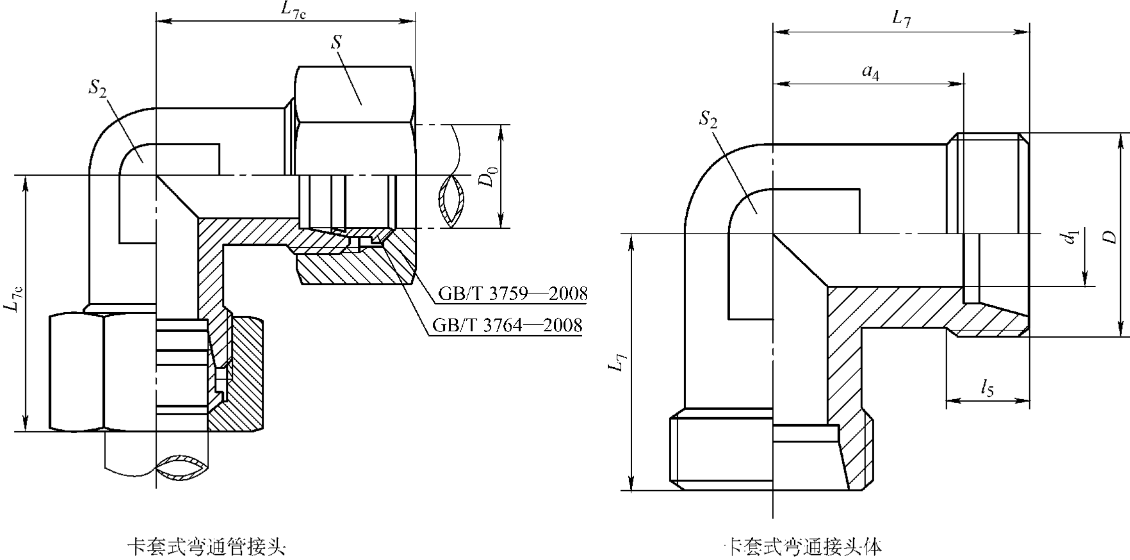
接头系列为 L，管子外径为 10mm，55°密封管螺纹(R)，表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹弯通三通管接头标记为：管接头　GB/T 3744　L10/R1/4

接头系列为 L，管子外径为 10mm，55°密封管螺纹(R)，表面镀锌处理的钢制卡套式锥螺纹弯通三通接头体标记为：接头体　GB/T 3744　L10/R1/4

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d		d_1 参考	d_3	L_1	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	l	l_5 min	a_4 参考	S	S_2	
															锻制 min	机械加工 max
LL	10	4	M8×1	R1/8	NPT1/8	3	3	15.5	15	21	8.5	6	11	10	9	6
		5	M10×1	R1/8	NPT1/8	3.5	3	15.5	15	21	8.5	6	9.5	12	9	6
		6	M10×1	R1/8	NPT1/8	4.5	4	15.5	15	21	8.5	6	9.5	12	9	6
		8	M12×1	R1/8	NPT1/8	6	4.5	16.5	17	23	8.5	7	11.5	14	12	7
L	25	6	M12×1.5	R1/8	NPT1/8	4	4	17.5	19	27	8.5	7	12	14	12	7
		8	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	6	6	23.5	21	29	12.5	7	14	17	12	7
		10	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	8	6	23.5	22	30	12.5	8	15	19	14	8
		12	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	10	9	26	24	32	13	8	17	22	17	8
		(14)	M20×1.5	R1/2	NPT1/2	11	11	31	25	33	17	8	18	24	19	8
		15	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	12	11	33	28	36	17	9	21	27	19	9
		(16)	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	14	12	35	30	39	17	9	22.5	30	22	9
	16	18	M26×1.5	R1/2	NPT1/2	15	14	36	31	40	17	9	23.5	32	24	9
		22	M30×2	R3/4	NPT3/4	19	18	39	35	44	18	10	27.5	36	27	10
	10	28	M36×2	R1	NPT1	24	23	45.5	38	47	21.5	10	30.5	41	36	10
		35	M45×2	R1¼	NPT1¼	30	30	53	45	56	24	12	34.5	50	41	12
		42	M52×2	R1½	NPT1½	36	36	59	51	63	24	12	40	60	50	12
S	40	6	M14×1.5	R1/4	NPT1/4	4	4	23.5	23	31	12.5	9	16	17	12	9
		8	M16×1.5	R1/4	NPT1/4	5	5	24.5	24	32	12.5	9	17	19	14	9
		10	M18×1.5	R3/8	NPT3/8	7	7	26	25	34	13	9	17.5	22	17	9
		12	M20×1.5	R3/8	NPT3/8	8	8	27	26	35	13	9	18.5	24	17	9
		(14)	M22×1.5	R1/2	NPT1/2	9	10	33	29	38	17	10	21.5	27	22	10
		16	M24×1.5	R1/2	NPT1/2	12	12	36	33	43	17	11	24.5	30	24	11
		20	M30×2	R3/4	NPT3/4	16	15	39	37	48	18	12	26.5	36	27	12
	25	25	M36×2	R1	NPT1	20	20	48.5	45	57	21.5	14	33	46	36	14
	16	30	M42×2	R1¼	NPT1¼	25	25	53	49	62	24	16	35.5	50	41	—
		38	M52×2	R1½	NPT1½	32	32	59	57	72	24	18	41	60	50	—

表 22.9-34 卡套式弯通管接头(摘自 GB/T 3740—2008) (mm)



卡套式弯通管接头　　卡套式弯通接头体

标记示例:

接头系列为 L, 管子外径为 10mm, 表面镀锌处理的钢制卡套式弯通管接头标记为: 管接头 GB/T 3740 L10

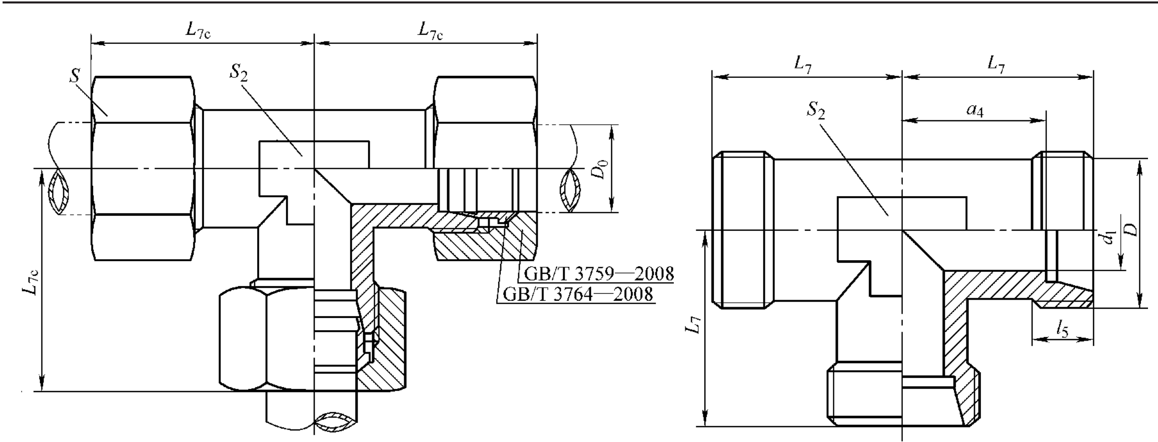
接头系列为 L, 管子外径为 10mm, 表面镀锌处理的钢制卡套式弯通接头体标记为: 接头体 GB/T 3740 L10

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	l_5 min	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
LL	10	4	M8×1	3	15	21	6	11	10	9	9
		5	M10×1	3.5	15	21	6	9.5	12	9	11
		6	M10×1	4.5	15	21	6	9.5	12	9	11
		8	M12×1	6	17	23	7	11.5	14	12	12
L	25	6	M12×1.5	4	19	27	7	12	14	12	12
		8	M14×1.5	6	21	29	7	14	17	12	14
		10	M16×1.5	8	22	30	8	15	19	14	17
		12	M18×1.5	10	24	32	8	17	22	17	19
		(14)	M20×1.5	11	25	33	8	18	24	19	—
		15	M22×1.5	12	28	36	9	21	27	19	—
		(16)	M24×1.5	14	30	39	9	22.5	30	22	—
	16	18	M26×1.5	15	31	40	9	23.5	32	24	—
		22	M30×2	19	35	44	10	27.5	36	27	—
	10	28	M36×2	24	38	47	10	30.5	41	36	—
		35	M45×2	30	45	56	12	34.5	50	41	—
		42	M52×2	36	51	63	12	40	60	50	—

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	l_5 min	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
S	63	6	M14×1.5	4	23	31	9	16	17	12	14
		8	M16×1.5	5	24	32	9	17	19	14	17
		10	M18×1.5	7	25	34	9	17.5	22	17	19
		12	M20×1.5	8	26	35	9	18.5	24	17	22
		（14）	M22×1.5	9	29	38	10	21.5	27	22	—
	40	16	M24×1.5	12	33	43	11	24.5	30	24	—
		20	M30×2	16	37	48	12	26.5	36	27	—
		25	M36×2	20	45	57	14	33	46	36	—
	25	30	M42×2	25	49	62	16	35.5	50	41	—
		38	M52×2	32	57	72	18	41	60	50	—

表 22.9-35　卡套式三通管接头（摘自 GB/T 3745—2008）　　（mm）



卡套式三通管接头　　　　卡套式三通接头体

标记示例：

接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式三通管接头标记为：管接头　GB/T 3745　L10

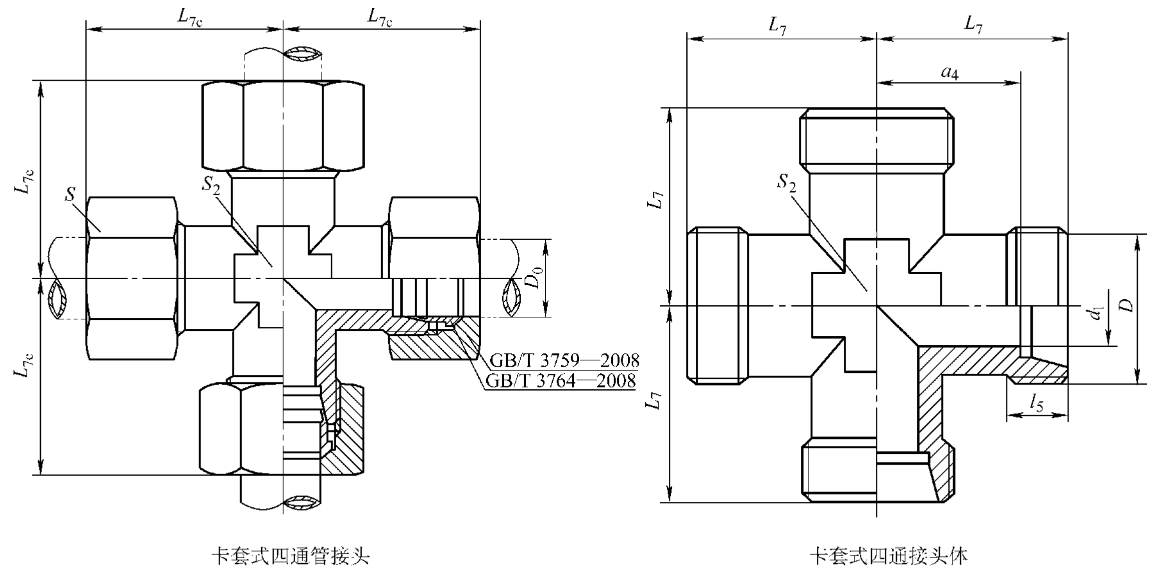
接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式三通接头体标记为：接头体　GB/T 3745　L10

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	l_5 min	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
LL	10	4	M8×1	3	15	21	6	11	10	9	9
		5	M10×1	3.5	15	21	6	9.5	12	9	11
		6	M10×1	4.5	15	21	6	9.5	12	9	11
		8	M12×1	6	17	23	7	11.5	14	12	12

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	l_5 min	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
L	25	6	M12×1.5	4	19	27	7	12	14	12	12
		8	M14×1.5	6	21	29	7	14	17	12	14
		10	M16×1.5	8	22	30	8	15	19	14	17
		12	M18×1.5	10	24	32	8	17	22	17	19
		(14)	M20×1.5	11	25	33	8	18	24	19	—
		15	M22×1.5	12	28	36	9	21	27	19	—
		(16)	M24×1.5	14	30	39	9	22.5	30	22	—
	16	18	M26×1.5	15	31	40	9	23.5	32	24	—
		22	M30×2	19	35	44	10	27.5	36	27	—
	10	28	M36×2	24	38	47	10	30.5	41	36	—
		35	M45×2	30	45	56	12	34.5	50	41	—
		42	M52×2	36	51	63	12	40	60	50	—
S	63	6	M14×1.5	4	23	31	9	16	17	12	14
		8	M16×1.5	5	24	32	9	17	19	14	17
		10	M18×1.5	7	25	34	9	17.5	22	17	19
		12	M20×1.5	8	26	35	9	18.5	24	17	22
		(14)	M22×1.5	9	29	38	10	21.5	27	22	—
	40	16	M24×1.5	12	33	43	11	24.5	30	24	—
		20	M30×2	16	37	48	12	26.5	36	27	—
		25	M36×2	20	45	57	14	33	46	36	—
	25	30	M42×2	25	49	62	16	35.5	50	41	—
		38	M52×2	32	57	72	18	41	60	50	—

表 22.9-36　卡套式四通管接头(摘自 GB/T 3746—2008)　　(mm)



卡套式四通管接头　　卡套式四通接头体

标记示例：

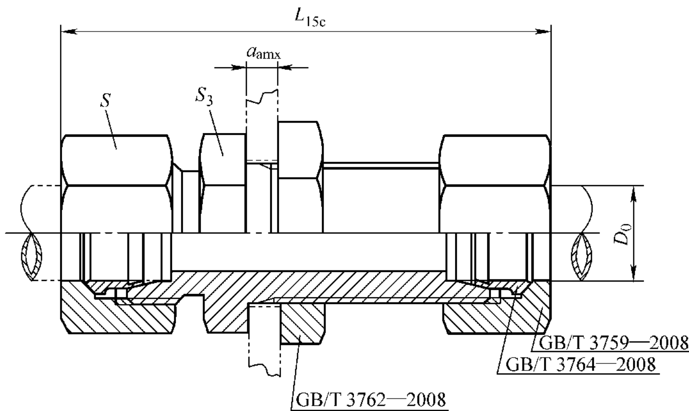
接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式四通管接头标记为：管接头　GB/T 3746　L10

接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式四通接头体标记为：接头体　GB/T 3746　L10

（续）

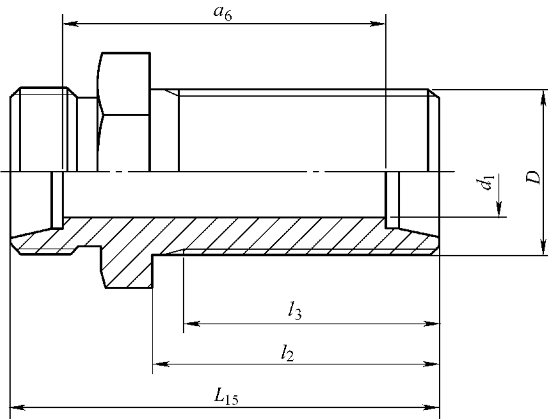
系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	L_7 ±0.3	L_{7c} ±0.3	l_5 min	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
LL	10	4	M8×1	3	15	21	6	11	10	9	9
		5	M10×1	3.5	15	21	6	9.5	12	9	11
		6	M10×1	4.5	15	21	6	9.5	12	9	11
		8	M12×1	6	17	23	7	11.5	14	12	12
L	25	6	M12×1.5	4	19	27	7	12	14	12	12
		8	M14×1.5	6	21	29	7	14	17	12	14
		10	M16×1.5	8	22	30	8	15	19	14	17
		12	M18×1.5	10	24	32	8	17	22	17	19
		(14)	M20×1.5	11	25	33	8	18	24	19	—
		15	M22×1.5	12	28	36	9	21	27	19	—
		(16)	M24×1.5	14	30	39	9	22.5	30	22	—
	16	18	M26×1.5	15	31	40	9	23.5	32	24	—
		22	M30×2	19	35	44	10	27.5	36	27	—
	10	28	M36×2	24	38	47	10	30.5	41	36	—
		35	M45×2	30	45	56	12	34.5	50	41	—
		42	M52×2	36	51	63	12	40	60	50	—
S	63	6	M14×1.5	4	23	31	9	16	17	12	14
		8	M16×1.5	5	24	32	9	17	19	14	17
		10	M18×1.5	7	25	34	9	17.5	22	17	19
		12	M20×1.5	8	26	35	9	18.5	24	17	22
		(14)	M22×1.5	9	29	38	10	21.5	27	22	—
	40	16	M24×1.5	12	33	43	11	24.5	30	24	—
		20	M30×2	16	37	48	12	26.5	36	27	—
		25	M36×2	20	45	57	14	33	46	36	—
	25	30	M42×2	25	49	62	16	35.5	50	41	—
		38	M52×2	32	57	72	18	41	60	50	—

表 22.9-37 卡套式过板直通管接头（摘自 GB/T 3748—2008） （mm）



卡套式过板直通管接头（a≤16mm）

（续）



卡套式过板直通接头体

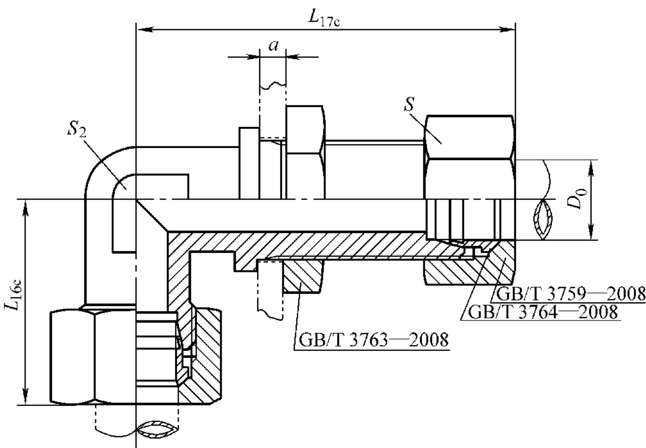
标记示例：

接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式过板直通管接头标记为：管接头　GB/T 3748　L10

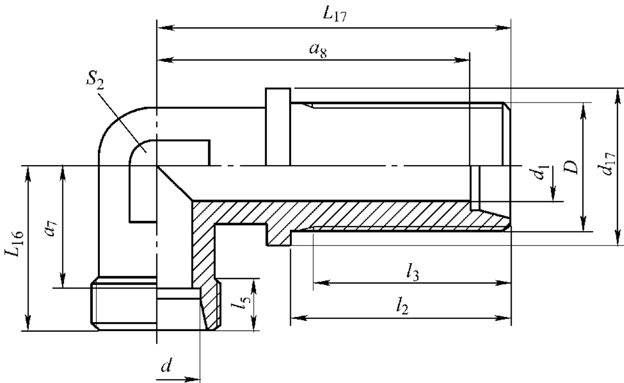
接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式过板直通接头体标记为：接头体　GB/T 3748　L10

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	l_2 ±0.2	l_3 min	L_{15} ±0.3	L_{15c} ≈	S	S_3	a_6 参考
L	25	6	M12×1.5	4	34	30	48	64	14	17	34
		8	M14×1.5	6	34	30	49	65	17	19	35
		10	M16×1.5	8	35	31	51	67	19	22	37
		12	M18×1.5	10	36	32	53	69	22	24	39
		(14)	M20×1.5	11	37	33	54	70	24	27	40
		15	M22×1.5	12	38	34	56	72	27	27	42
		(16)	M24×1.5	14	38	34	57	75	30	30	42
	16	18	M26×1.5	15	40	36	59	77	32	32	44
		22	M30×2	19	42	37	63	81	36	36	48
	10	28	M36×2	24	43	38	65	83	41	41	50
		35	M45×2	30	47	42	72	94	50	50	51
		42	M52×2	36	47	42	74	98	60	60	52
S	63	6	M14×1.5	4	36	32	54	70	17	19	40
		8	M16×1.5	5	36	32	56	72	19	22	42
		10	M18×1.5	7	37	33	57	75	22	24	42
		12	M20×1.5	8	38	34	60	78	24	27	45
		(14)	M22×1.5	9	39	35	62	80	27	27	47
	40	16	M24×1.5	12	40	36	64	84	30	32	47
		20	M30×2	16	44	39	72	94	36	41	51
		25	M36×2	20	47	42	79	103	46	46	55
	25	30	M42×2	25	51	46	85	111	50	50	58
		38	M52×2	32	53	48	92	122	60	65	60

表 22.9-38　卡套式过板弯通管接头(摘自 GB/T 3749—2008)　　(mm)



卡套式过板弯通管接头 ($a \leqslant 16$mm)



卡套式过板弯通接头体

标记示例：

接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式过板弯通管接头标记为：管接头　GB/T 3749　L10

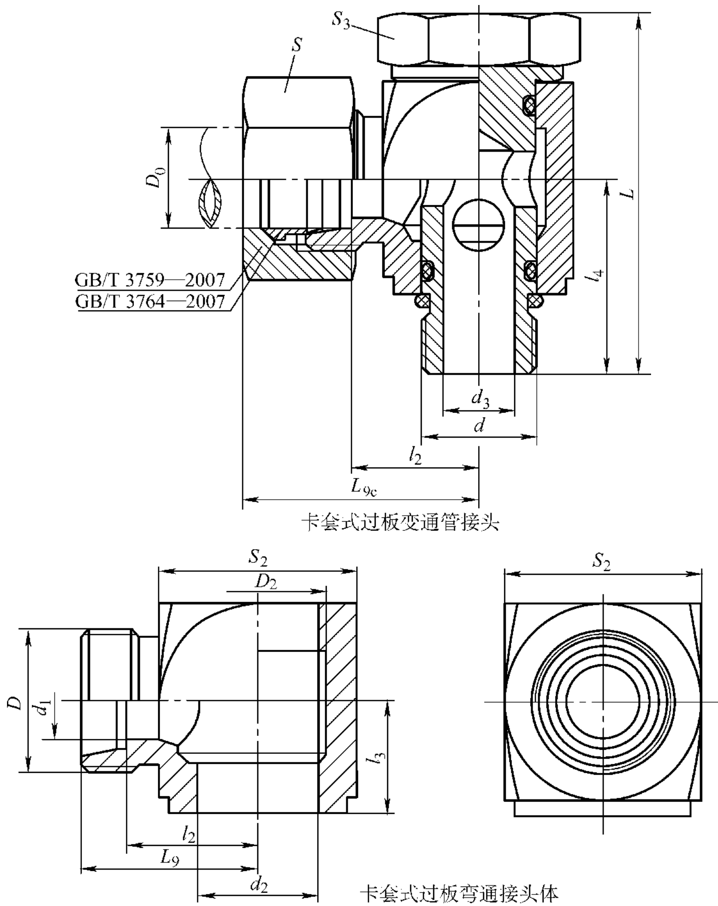
接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式过板弯通接头体标记为：接头体　GB/T 3749　L10

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	d_{17} ±0.2	l_2 ±0.2	l_3 min	l_5 min	L_{16} ±0.3	L_{16c} ≈	L_{17} ±0.3	L_{17c} ≈	a_7 参考	a_8 参考	S	S_2
L	25	6	M12×1.5	4	17	34	30	7	19	27	48	56	12	41	14	12
		8	M14×1.5	6	19	34	30	7	21	29	51	59	14	44	17	12
		10	M16×1.5	8	22	35	31	8	22	30	53	61	15	46	19	14
		12	M18×1.5	10	24	36	32	8	24	32	56	64	17	49	22	17
		(14)	M20×1.5	11	27	37	33	8	25	33	57	65	18	50	24	19
		15	M22×1.5	12	27	38	34	9	28	36	61	69	21	54	27	19
		(16)	M24×1.5	14	30	38	34	9	30	39	62	71	22.5	54.5	30	22
	16	18	M26×1.5	15	32	40	36	9	31	40	64	73	23.5	56.5	32	24
		22	M30×2	19	36	42	37	10	35	44	72	81	27.5	64.5	36	27
	10	28	M36×2	24	42	43	38	10	38	47	77	86	30.5	69.5	41	36
		35	M45×2	30	50	47	42	12	45	56	86	97	34.5	75.5	50	41
		42	M52×2	36	60	47	42	12	51	63	90	102	40	79	60	50

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	d_{17} ±0.2	l_2 ±0.2	l_3 min	l_5 min	L_{16} ±0.3	L_{16c} ≈	L_{17} ±0.3	L_{17c} ≈	a_7 参考	a_8 参考	S	S_2
S	63	6	M14×1.5	4	19	36	32	9	23	31	53	61	16	46	17	12
		8	M16×1.5	5	22	36	32	9	24	32	54	62	17	47	19	14
		10	M18×1.5	7	24	37	33	9	25	34	57	66	17.5	49.5	22	17
		12	M20×1.5	8	27	38	34	9	26	35	59	68	18.5	51.5	24	17
		(14)	M22×1.5	9	27	39	35	10	29	38	62	71	21.5	54.5	27	22
	40	16	M24×1.5	12	30	40	36	11	33	43	64	74	24.5	55.5	30	24
		20	M30×2	16	36	44	39	12	37	48	74	85	26.5	63.5	36	27
		25	M36×2	20	42	47	42	14	45	57	81	93	33	69	46	36
	25	30	M42×2	25	50	51	46	16	49	62	90	103	35.5	76.5	50	41
		38	M52×2	32	60	53	48	18	57	72	96	111	41	80	60	50

表 22.9-39　卡套式铰接管接头（摘自 GB/T 3750—2008）　　（mm）



卡套式过板变通管接头

卡套式过板弯通接头体

标记示例：

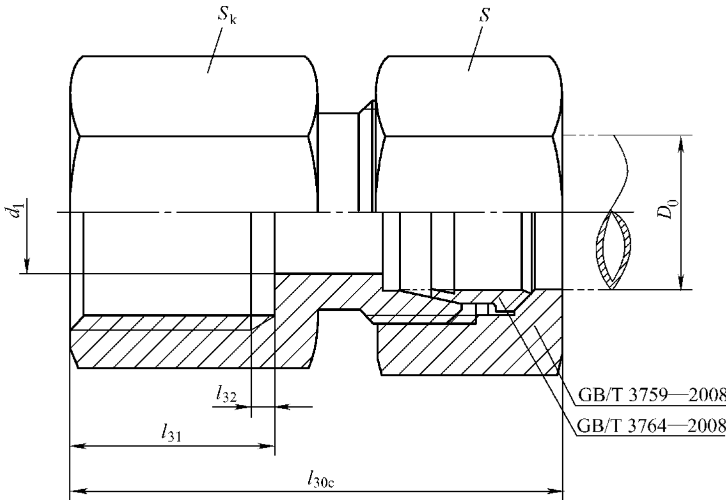
接头系列为 L，管子外径为 10mm，普通螺纹（M）F 型柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式铰接管接头标记为：管接头　GB/T 3750　L10

接头系列为 L，管子外径为 10mm，普通螺纹（M）F 型柱端，表面镀锌处理的钢制卡套式铰接接头体标记为：接头体　GB/T 3750　L10

（续）

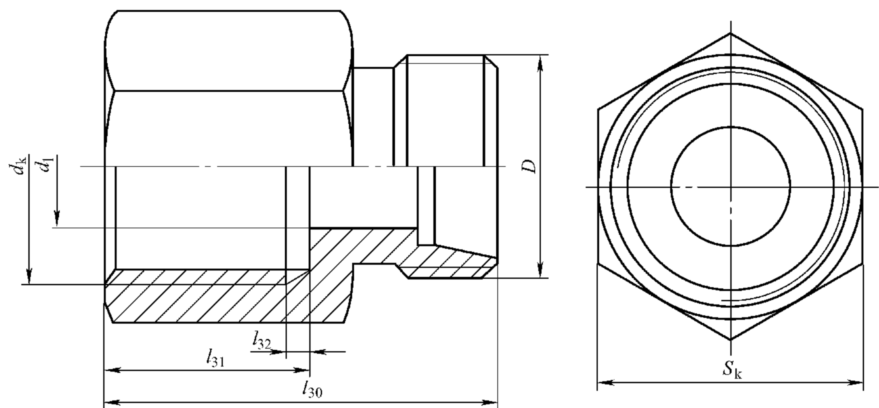
系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	D_2	d	d_1	d_2 公称尺寸	d_2 极限偏差	d_3	l_2	l_3	l_4	L	L_9	L_{9c}	S	S_2	S_3
L	25	6	M12×1.5	12.7	M10×1	4	10	$^{+0.022}_{0}$	4	11.5	10	18.5	33.5	18.5	26.5	14	17	14
		8	M14×1.5	14.2	M12×1.5	6	12	$^{+0.027}_{0}$	6	12.5	11.5	22.5	39	19.5	27.5	17	19	17
		10	M16×1.5	16.5	M14×1.5	8	14		7	15	13	24	42	22	30	19	22	19
		12	M18×1.5	20.3	M16×1.5	10	16		9	17.5	15.5	27	49	24.5	32.5	22	27	22
		(14)	M20×1.5	22.6	M18×1.5	11	18		10	19	17.5	30	53.5	26	34	24	30	24
		15	M22×1.5	22.6	M18×1.5	12	18		11	20	17.5	30	53.5	27	35	27	30	24
		(16)	M24×1.5	24.1	M20×1.5	14	20	$^{+0.033}_{0}$	12	20.5	18.5	31	56	28	37	30	32	27
	16	18	M26×1.5	30	M22×1.5	15	22		14	22.5	21	34	62	30	39	32	36	27
		22	M30×2	34	M26×1.5	19	26		18	27	23.5	39.5	70	34.5	43.5	36	41	32
	10	28	M36×2	41	M33×2	24	33	$^{+0.039}_{0}$	23	29.5	26	42	76	37	46	41	46	41
		35	M45×2	19	M42×2	30	42		30	33	30.5	46.5	86	43.5	54.5	50	55	50
		42	M52×2	62	M48×2	36	48		36	40	38	55.5	104.5	51	63	60	70	55
S	40	6	M14×1.5	14	M12×1.5	4	12	$^{+0.027}_{0}$	4	16	13	24	43	23	31	17	22	17
		8	M16×1.5	15.3	M14×1.5	5	14		5	17	14	25	47	24	32	19	24	19
		10	M18×1.5	17.2	M16×1.5	7	16		7	18	15.5	28	52	25.5	34.5	22	27	22
		12	M20×1.5	19.1	M18×1.5	8	18		8	19.5	17.5	31.5	59	27	36	24	30	24
		(14)	M22×1.5	23	M20×1.5	9	20	$^{+0.033}_{0}$	9	23.5	20.5	34.5	65	31	40	27	36	27
		16	M24×1.5	23	M22×1.5	12	22		12	23.5	21	36	67	32	42	30	36	27
		20	M30×2	29	M27×2	16	27		15	28.5	26	44.5	82.5	39	50	36	46	32
	25	25	M36×2	37.6	M33×2	20	33	$^{+0.039}_{0}$	20	31	28	46.5	88.5	43	55	46	50	41
	16	30	M42×2	50	M42×2	25	42		25	36.5	33	52	99	50	63	50	60	50
		38	M52×2	58.4	M48×2	32	48		32	41	38	59.5	114	57	72	60	70	55

表 22.9-40 卡套式压力表管接头（摘自 GB/T 3751—2008） （mm）



卡套式压力表管接头

（续）



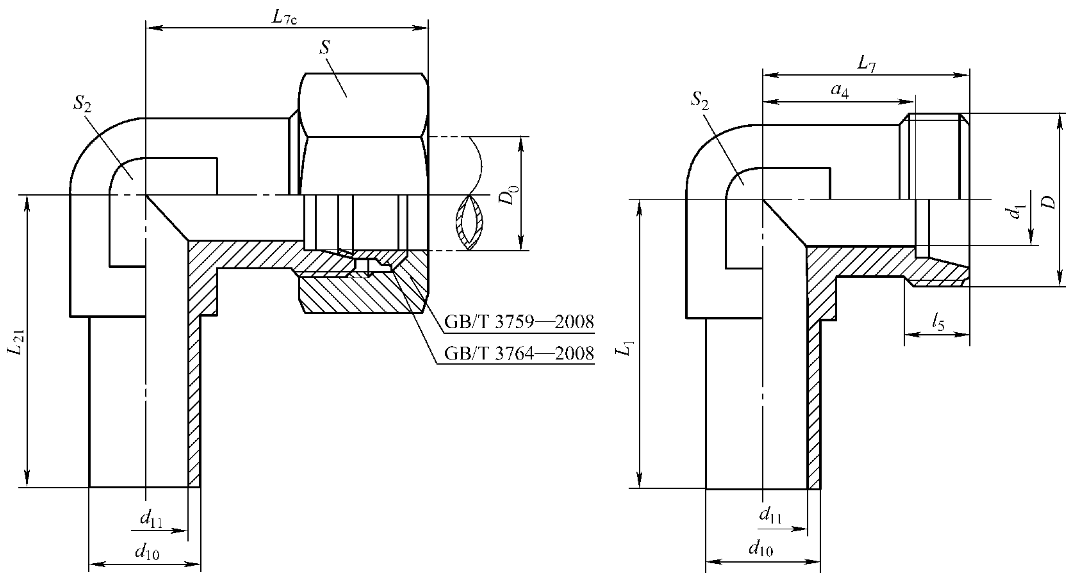
卡套式压力表接头体

标记示例：
接头系列为 L，管子外径为 8mm，表面镀锌处理的钢制卡套式压力表管接头标记为：管接头　GB/T 3751　L8
接头系列为 L，管子外径为 8mm，表面镀锌处理的钢制卡套式压力表接头体标记为：接头体　GB/T 3751　L8

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_k					d_1	S_k	S	l_{30}	l_{30c}	l_{31}	l_{32max}
L	250	6	M12×1.5	M10×1	G1/8	Rp1/8	Rc1/8	NPT1/8	4.5	14	14	22	30	10	1.5
		8	M14×1.5	M14×1.5	G1/4	Rp1/4	Rc1/4	NPT1/4	6	19	17	28	36	15	2.2
		14	M20×1.5	M20×1.5	G1/2	Rp1/2	Rc1/2	NPT1/2	11	27	24	33	41	18	2.2
S	630	6	M14×1.5	M14×1.5	G1/4	Rp1/4	Rc1/4	NPT1/4	5.5	24(19[a])	17	32	40	15	2.2
		12	M20×1.5	M20×1.5	G1/2	Rp1/2	Rc1/2	NPT1/2	8	36(27[a])	24	38	47	18	2.2

注：[a] 适用于连接圆柱螺纹的压力表。

表 22.9-41　卡套式组合弯通管接头（摘自 GB/T 3752—2008）　　（mm）



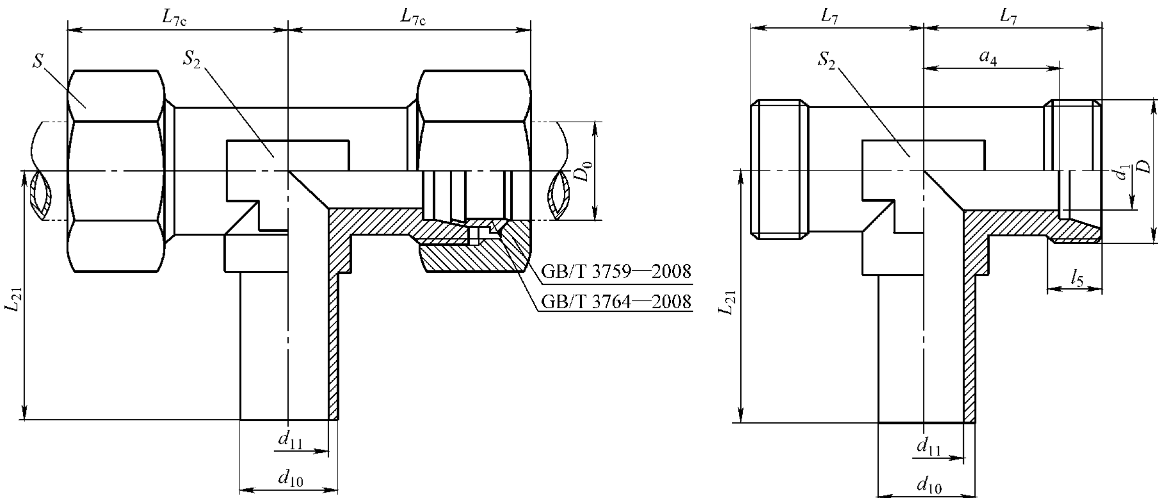
卡套式组合弯通管接头　　卡套式组合弯通接头体

标记示例：
接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式组合弯通管接头标记为：管接头　GB/T 3752　L10
接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式组合弯通接头体标记为：接头体　GB/T 3752　L10

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	d_{10} ±0.3	d_{11} +0.20 −0.05	l_5 min	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	L_{21} ±0.5	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
L	25	6	M12×1.5	4	6	3	7	19	27	26	12	14	12	—
		8	M14×1.5	6	8	5	7	21	29	27.5	14	17	12	14
		10	M16×1.5	8	10	7	8	22	30	29	15	19	14	17
		12	M18×1.5	10	12	8	8	24	32	29.5	17	22	17	19
		(14)	M20×1.5	11	14	10	8	25	33	31.5	18	24	19	—
		15	M22×1.5	12	15	10	9	28	36	32.5	21	27	19	—
		(16)	M24×1.5	14	16	11	9	30	39	33.5	22.5	30	22	—
	16	18	M26×1.5	15	18	13	9	31	40	35.5	23.5	32	24	—
		22	M30×2	19	22	17	10	35	44	38.5	27.5	36	27	—
	10	28	M36×2	24	28	23	10	38	47	41.5	30.5	41	36	—
		35	M45×2	30	35	29	12	45	56	51	34.5	50	41	—
		42	M52×2	36	42	36	12	51	63	56	40	60	50	—
S	63	6	M14×1.5	4	6	2.5	9	23	31	27	16	17	12	14
		8	M16×1.5	5	8	4	9	24	32	27.5	17	19	14	17
		10	M18×1.5	7	10	5	9	25	34	30	17.5	22	17	19
		12	M20×1.5	8	12	6	9	26	35	31	18.5	24	17	22
		(14)	M22×1.5	9	14	7	10	29	38	34	21.5	27	22	—
	40	16	M24×1.5	12	16	10	11	33	43	36.5	24.5	30	24	—
		20	M30×2	16	20	12	12	37	48	44.5	26.5	36	27	—
		25	M36×2	20	25	16	14	45	57	50	33	46	36	—
	25	30	M42×2	25	30	22	16	49	62	55	35.5	50	41	—
		38	M52×2	32	38	28	18	57	72	63	41	60	50	—

表 22.9-42 卡套式组合三通管接头(摘自 GB/T 3753—2008) (mm)



卡套式组合三通管接头　　　　卡套式组合三通接头体

标记示例：

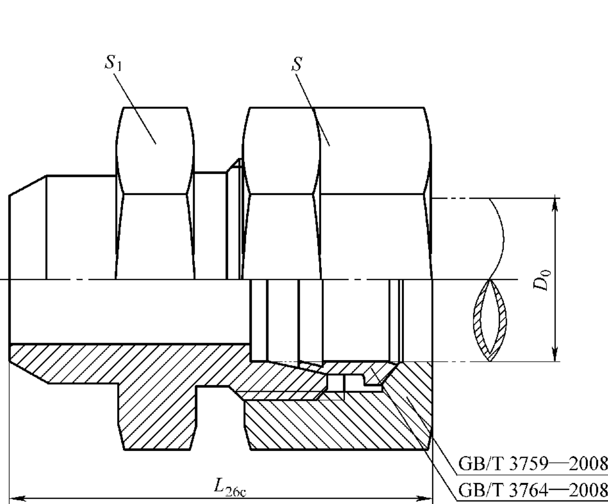
接头系列为L，管子外径为10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式组合三通管接头标记为：管接头 GB/T 3753 L10

接头系列为L，管子外径为10mm，表面镀锌处理的钢制卡套式组合三通接头体标记为：接头体 GB/T 3753 L10

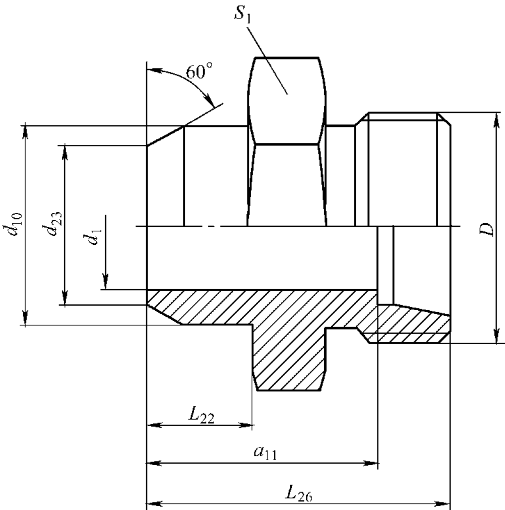
（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	d_{10} ±0.3	d_{11} +0.20 −0.05	l_5 min	L_7 ±0.3	L_{7c} ≈	L_{21} ±0.5	a_4 参考	S	S_2 锻制 min	S_2 机械加工 max
L	25	6	M12×1.5	4	6	3	7	19	27	26	12	14	12	—
		8	M14×1.5	6	8	5	7	21	29	27.5	14	17	12	14
		10	M16×1.5	8	10	7	8	22	30	29	15	19	14	17
		12	M18×1.5	10	12	8	8	24	32	29.5	17	22	17	19
		(14)	M20×1.5	11	14	10	8	25	33	31.5	18	24	19	—
		15	M22×1.5	12	15	10	9	28	36	32.5	21	27	19	—
		(16)	M24×1.5	14	16	11	9	30	39	33.5	22.5	30	22	—
	16	18	M26×1.5	15	18	13	9	31	40	35.5	23.5	32	24	—
		22	M30×2	19	22	17	10	35	44	38.5	27.5	36	27	—
	10	28	M36×2	24	28	23	10	38	47	41.5	30.5	41	36	—
		35	M45×2	30	35	29	12	45	56	51	34.5	50	41	—
		42	M52×2	36	42	36	12	51	63	56	40	60	50	—
S	63	6	M14×1.5	4	6	2.5	9	23	31	27	16	17	12	14
		8	M16×1.5	5	8	4	9	24	32	27.5	17	19	14	17
		10	M18×1.5	7	10	5	9	25	34	30	17.5	22	17	19
		12	M20×1.5	8	12	6	9	26	35	31	18.5	24	17	22
		(14)	M22×1.5	9	14	7	10	29	38	34	21.5	27	22	—
	40	16	M24×1.5	12	16	10	11	33	43	36.5	24.5	30	24	—
		20	M30×2	16	20	12	12	37	48	44.5	26.5	36	27	—
		25	M36×2	20	25	16	14	45	57	50	33	46	36	—
	25	30	M42×2	25	30	22	16	49	62	55	35.5	50	41	—
		38	M52×2	32	38	28	18	57	72	63	41	60	50	—

表 22.9-43　卡套式焊接管接头（摘自 GB/T 3747—2008）　（mm）



卡套式焊接管接头



卡套式焊接接头体

标记示例：

接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面氧化处理的钢制卡套式焊接管接头标记为：管接头　GB/T 3747　L10・O

接头系列为 L，管子外径为 10mm，表面氧化处理的钢制卡套式焊接接头体标记为：接头体　GB/T 3747　L10・O

（续）

系列	最大工作压力/MPa	管子外径 D_0	D	d_1 参考	d_{10} ±0.2	d_{23} ±0.2	L_{22} ±0.2	L_{26} ±0.3	L_{26c} ≈	S	S_1	a_{11} 参考
L	25	6	M12×1.5	4	10	6	7	21	29	14	12	14
		8	M14×1.5	6	12	8	8	23	31	17	14	16
		10	M16×1.5	8	14	10	8	24	32	19	17	17
		12	M18×1.5	10	16	12	8	25	33	22	19	18
		(14)	M20×1.5	11	18	14	8	25	33	24	22	18
		15	M22×1.5	12	19	15	10	28	36	27	24	21
		(16)	M24×1.5	14	20	16	10	29	38	30	27	21.5
	16	18	M26×1.5	15	22	18	10	29	38	32	27	21.5
		22	M30×2	19	27	22	12	33	42	36	32	25.5
	10	28	M36×2	24	32	28	12	34	43	41	41	26.5
		35	M45×2	30	40	35	14	39	50	50	46	28.5
		42	M52×2	36	46	42	16	43	55	60	55	32
S	63	6	M14×1.5	4	11	6	7	25	33	17	14	18
		8	M16×1.5	5	13	8	8	28	36	19	17	21
		10	M18×1.5	7	15	10	8	28	37	22	19	20.5
		12	M20×1.5	8	17	12	10	32	41	24	22	24.5
		(14)	M22×1.5	9	19	14	10	33	42	27	24	25.5
	40	16	M24×1.5	12	21	16	10	34	44	30	27	25.5
		20	M30×2	16	26	20	12	40	51	36	32	29.5
		25	M36×2	20	31	24	12	44	56	46	41	32
	25	30	M42×2	25	36	29	14	48	61	50	46	34.5
		38	M52×2	32	44	36	16	55	70	60	55	39

4.5 扩口式管接头规格（见表22.9-44～表22.9-65）

扩口管接头结构简单，性能良好，加工和使用方便，适用于以油、气为介质的中、低压管道系统，其工作压力取决于管材的许用应力，一般为3.5～16MPa。管接头本身的工作压力没有明确规定。广泛应用于飞机、汽车及机床行业的液压管道系统。

扩口式管接头有A型和B型两种结构型式，如图22.9-17、表22.9-18所示。A型由具有74°外锥面的管接头体、起压紧作用的螺母和带有66°内锥孔的管套组成；B型由具有90°外锥面的管接头体和带有90°内锥孔的螺母组成。将已冲了喇叭口的管道置于接头体的外锥面和管套（或B型的螺母）的内锥孔之间，旋紧螺母使管道的喇叭口受压，挤贴于接头体外锥面和管套（或B型的螺母）内锥孔所产生的缝隙中，从而起到了密封作用。

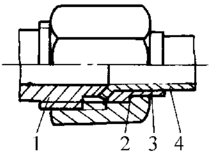


图22.9-17 扩口式A型管接头的结构
1—接头体 2—螺母 3—管套 4—管道

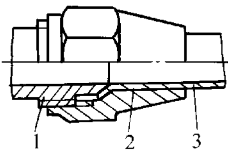
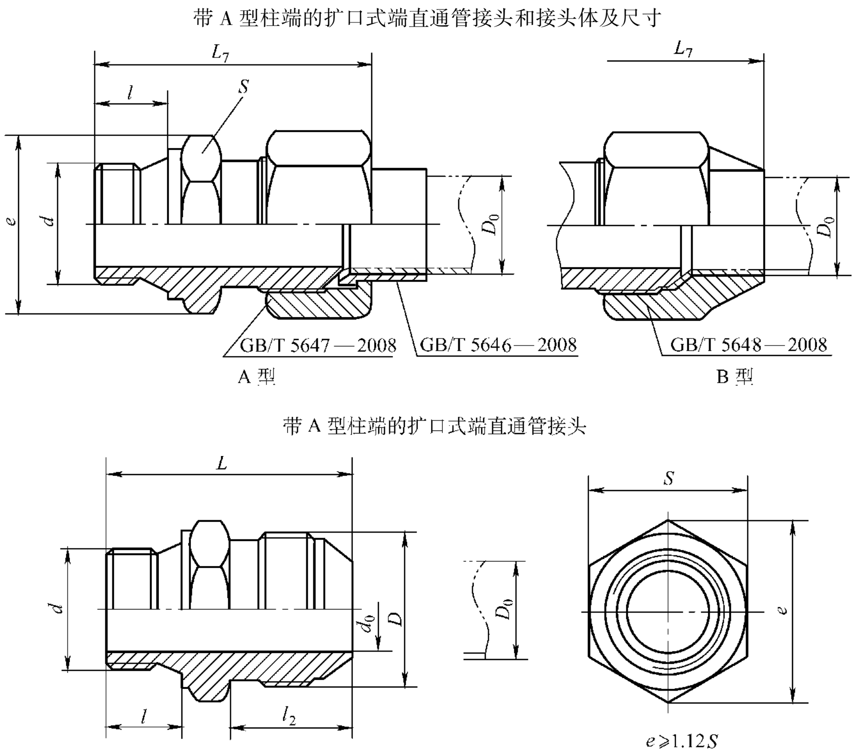


图22.9-18 扩口式B型管接头的结构
1—接头体 2—螺母 3—管道

接头体和机能的连接有两种型式：一种采用米制锥螺纹，此时依靠锥螺纹自身的结构和塑料填料进行密封；另一种采用普通细牙螺纹，此时接头体和机件端的连接处需加密封垫圈。垫圈型式推荐按 GB/T 3452.1—2005、JB/T 982—1977 和 JB/T 966—2005 的规定选取。

表 22.9-44　扩口式端直通管接头（摘自 GB/T 5625—2008）　（mm）

带 A 型柱端的扩口式端直通管接头和接头体及尺寸



带 A 型柱端的扩口式端直通接头体

标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，普通螺纹（M）A 型柱端，表面镀锌处理的钢制扩口式端直通管接头标记为：管接头　GB/T 5625　A10/M14×1.5

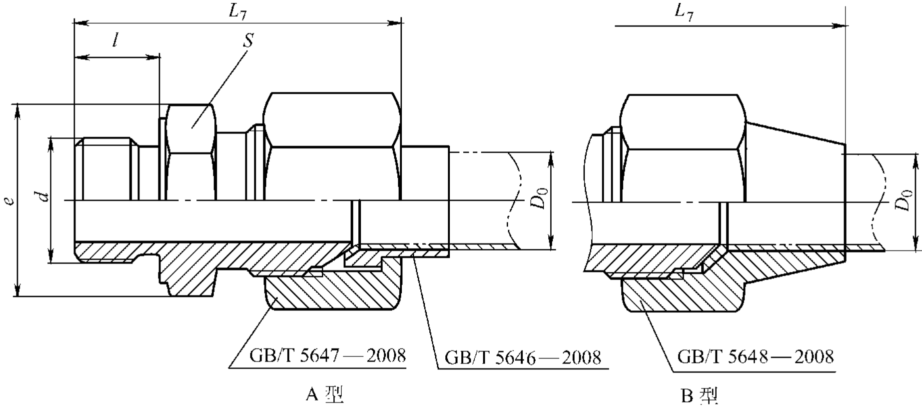
扩口型式 A，管子外径为 10mm，普通螺纹（M）A 型柱端，表面镀锌处理的钢制扩口式端直通管接头标记为：接头体　GB/T 5625　A10/M14×1.5

管子外径 D_0	d_0	d[a]		D	$L_7\approx$		l	l_2	L	S
					A 型	B 型				
4	3	M10×1	G1/8	M10×1	31.5	36	8	12.5	26.5	14
5	3.5									
6	4			M12×1.5	35.5	40		16	30	
8	6	M12×1.5	G1/4	M14×1.5	44	52	12	18	37	17
10	8	M14×1.5		M16×1.5	45	54		19	38	19
12	10	M16×1.5	G3/8	M18×1.5	45.5	57			39	22
14	12[b]	M18×1.5		M22×1.5		61		19.5	39.5	24
16	14	M22×1.5	G1/2	M24×1.5	49	65	14	20	43	30
18	15			M27×1.5		69		20.5	43.5	

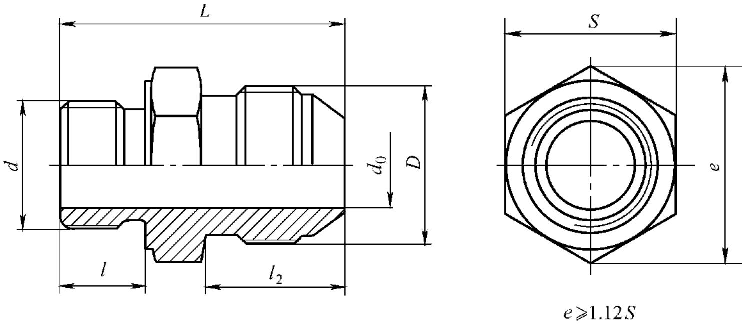
（续）

管子外径 D_0	d_0	d^a		D	$L_7 \approx$		l	l_2	L	S
					A 型	B 型				
20	17	M27×2	G3/4	M30×2	58.5	—	16	26	52	34
22	19			M33×2	59.5	—				
25	22	M33×2	G1	M36×2	64	—	18		56	41
28	24			M39×2	66.5	—		27.5	58.5	
32	27	M42×2	G1¼	M42×2	71	—	20	28.5	62.5	50
34	30			M45×2	71.5	—				

带 F 型柱端的扩口式端直通管接头和接头体及尺寸



带 F 型柱端的扩口式端直通管接头



$e \geqslant 1.12S$

带 F 型柱端的扩口式端直通接头体

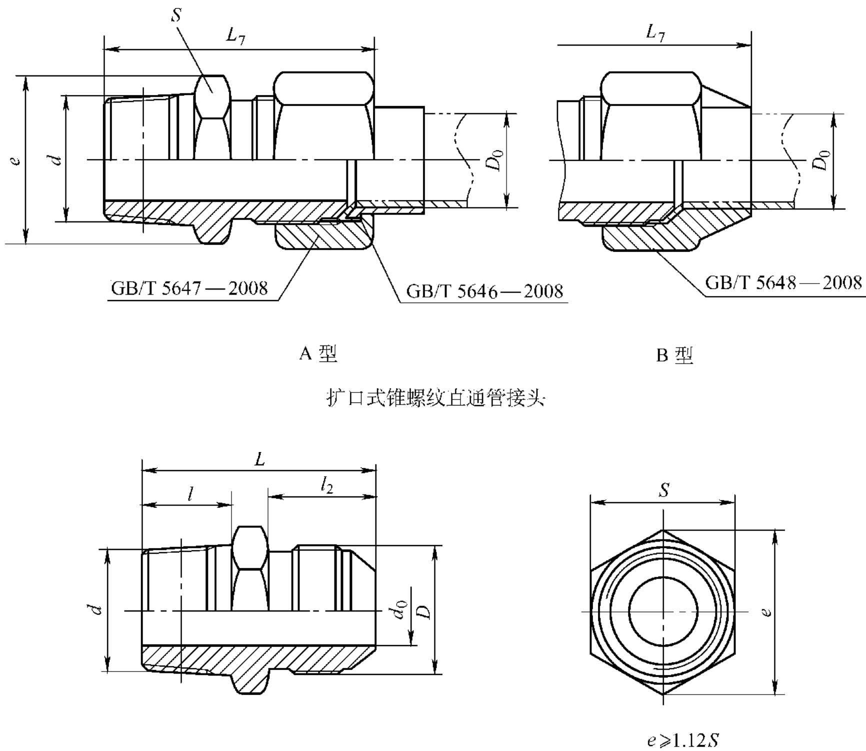
管子外径 D_0	d_0	d^a	D	$L_7 \approx$		l	l_2	L	S
				A 型	B 型				
4	3	M10×1	M10×1	32	36.5	8.5	12.5	27	14
5	3.5								
6	4		M12×1.5	36	40.5		16	30.5	
8	6	M12×1.5	M14×1.5	43	51	11	18	36	17
10	8	M14×1.5	M16×1.5	44	53		19	37	19
12	10	M16×1.5	M18×1.5	45	56.5	11.5		38.5	22
14	12[b]	M18×1.5	M22×1.5	46	61.5	12.5	19.5	40	24

（续）

管子外径 D_0	d_0	d^a	D	$L_7\approx$		l	l_2	L	S
				A 型	B 型				
16	14	M22×1.5	M24×1.5	48	64	13	20	42	30
18	15		M27×1.5		68		20.5	42.5	
20	17	M27×2	M30×2	58.5	—	16	26	52	34
22	19		M33×2	59.5	—				
25	22	M33×2	M36×2	62	—	16		54	41
28	24		M39×2	64.5	—		27.5	56.5	
32	27	M42×2	M42×2	67	—	16	28.5	58.5	50
34	30		M45×2	67.5	—				

注：[a] 优先选用普通螺纹，[b] 采用55°非密封的管螺纹时尺寸为10mm。

表 22.9-45　扩口式锥螺纹直通管接头（摘自 GB/T 5626—2008）　（mm）



扩口式锥螺纹直通接头体

标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制扩口式锥螺纹直通管接头标记为：管接头 GB/T 5626　A10/R1/4

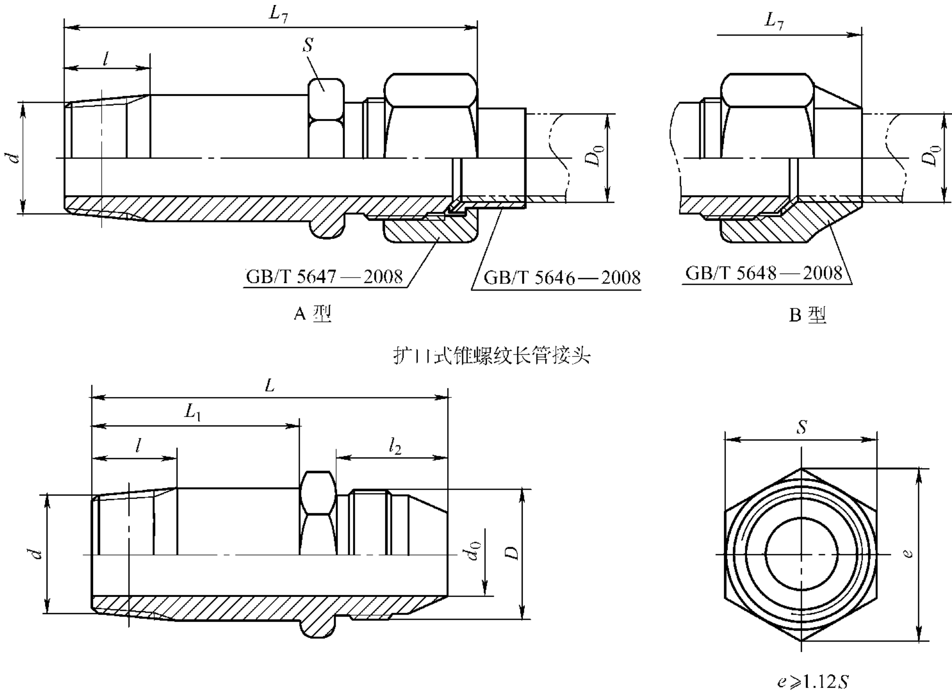
扩口型式 A，管子外径为 10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制扩口式锥螺纹直通接头体标记为：接头体 GB/T 5626　A10/R1/4

（续）

管子外径 D_0	d_0	d^a		D	$L_7\approx$		l	l_2	L	S
					A型	B型				
4	3	R1×8	NPT1/8	M10×1	31.5	36	8.5	12.5	26.5	12
5	3.5									
6	4			M12×1.5	36	40.5		16	30	14
8	6	R1/4	NPT1/4	M14×1.5	42.5	50.5	12.5	18	36	17
10	8			M16×1.5	43.5	52.5		19	37	19
12	10	R3/8	NPT3/8	M18×1.5	45	56.5	13		38.5	22
14				M22×1.5		60.5		19.5	39	24
16	14	R1/2	NPT1/2	M24×1.5	50.5	67	17	20	44.5	27
18	15			M27×1.5		71		20.5	45	30
20	17	R3/4	NPT3/4	M30×2	58.5	—	18	26	52	32
22	19			M33×2	59.5	—				34
25	22	R1	NPT1	M36×2	65.5	—	21.5		57.5	41
28	24			M39×2	68	—		27.5	60	
32	27	R1¼	NPT1¼	M42×2	73	—	24	28.5	64.5	46
34	30			M45×2		—				

注：[a] 优先选用55°密封管螺纹。

表 22.9-46 扩口式锥螺纹长管接头（摘自 GB/T 5627—2008） （mm）



扩口式锥螺纹长接头体

标记示例：

扩口型式A，管子外径为10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制扩口式锥螺纹长管接头标记为：管接头 GB/T 5627 A10/R1/4

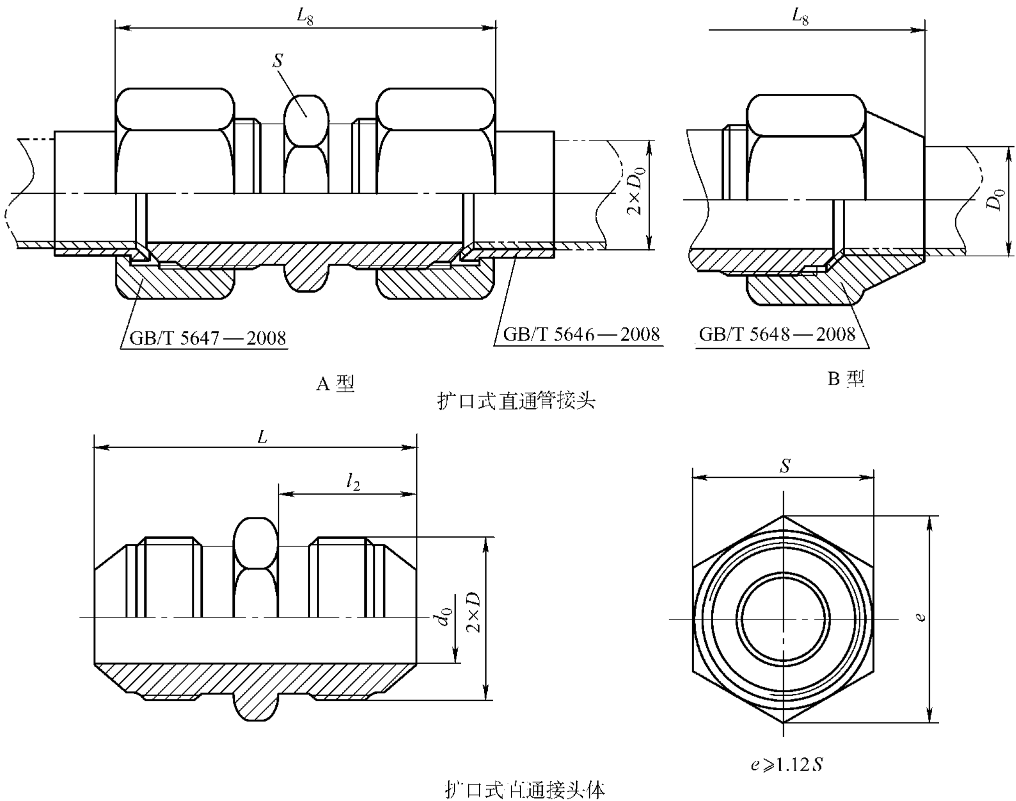
扩口型式A，管子外径为10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制扩口式锥螺纹长接头体标记为：接头体 GB/T 5627 A10/R1/4

（续）

管子外径 D_0	d_0	d[a]		D	$L_7 \approx$		l	l_2	L	L_1	S
					A 型	B 型					
4	3	R1/8	NPT1/8	M10×1	53.5	58	8.5	12.5	48.5	30	12
5	3.5										
6	4			M12×1.5	58.5	63		16	53		14
8	6	R1/4	NPT1/4	M14×1.5	92	100	12.5	18	85	60	17
10	8			M16×1.5	93	102		19	86		19
12	10	R3/8	NPT3/8	M18×1.5	93.5	105	13		87		22
14				M22×1.5		109		19.5	87.5		24
16	14	R1/2	NPT1/2	M24×1.5	95	111	17	20	89		27
18	15			M27×1.5		115		20.5	89.5		30
20	17	R3/4	NPT3/4	M30×2	102.5	—	18	26	96		32
22	19			M33×2	103.5	—					34
25	22	R1	NPT1	M36×2	106	—	21.5		98		41
28	24			M39×2	108.5	—		27.5	100.5		
32	27	R1¼	NPT1¼	M42×2	111	—	24	28.5	102.5		46
34	30			M45×2		—					

注：[a] 优先选用 55°密封管螺纹。

表 22.9-47　扩口式直通管接头（摘自 GB/T 5628—2008）　（mm）



A 型　B 型

扩口式直通管接头

扩口式直通接头体

标记示例：

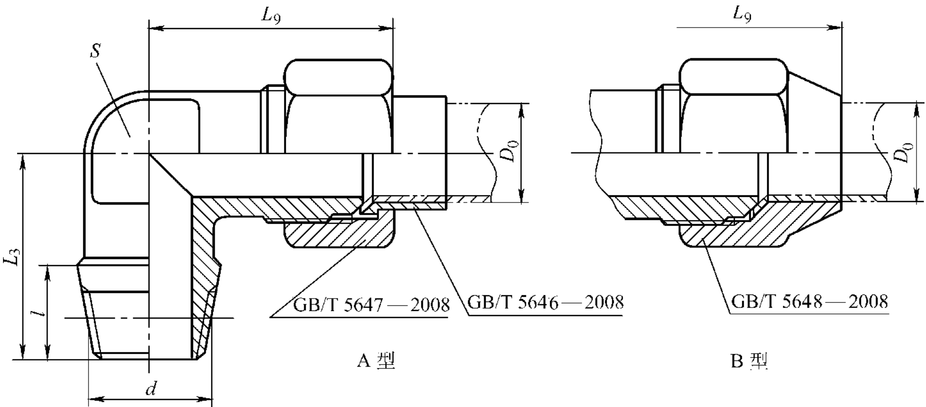
扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式直通管接头标记为：管接头　GB/T 5628　A10

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式直通接头体标记为：接头体　GB/T 5628　A10

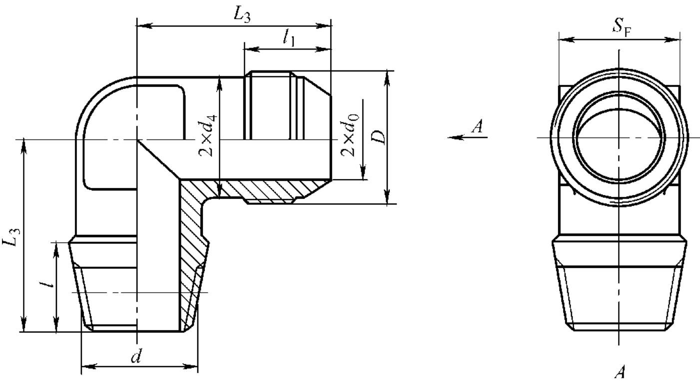
（续）

管子外径 D_0	d_0	D	$L_8 \approx$		l_2	L	S
			A 型	B 型			
4	3	M10×1	40	49	12.5	30	12
5	3.5						
6	4	M12×1.5	47.5	57.5	16	37	14
8	6	M14×1.5	55.5	71	18	42	17
10	8	M16×1.5	57.5	75.5	19	44	19
12	10	M18×1.5	58	81		45	22
14	12	M22×1.5		89	19.5	46	24
16	14	M24×1.5	60	92	20	48	27
18	15	M27×1.5		100	20.5	49	30
20	17	M30×2	75.5	—	26	62	32
22	19	M33×2	76.5	—			34
25	22	M36×2	78	—			41
28	24	M39×2	83.5	—	27.5	67	
32	27	M42×2	86	—	28.5	69	46
34	30	M45×2		—			

表 22.9-48　扩口式锥螺纹弯通管接头（摘自 GB/T 5629—2008）　　（mm）

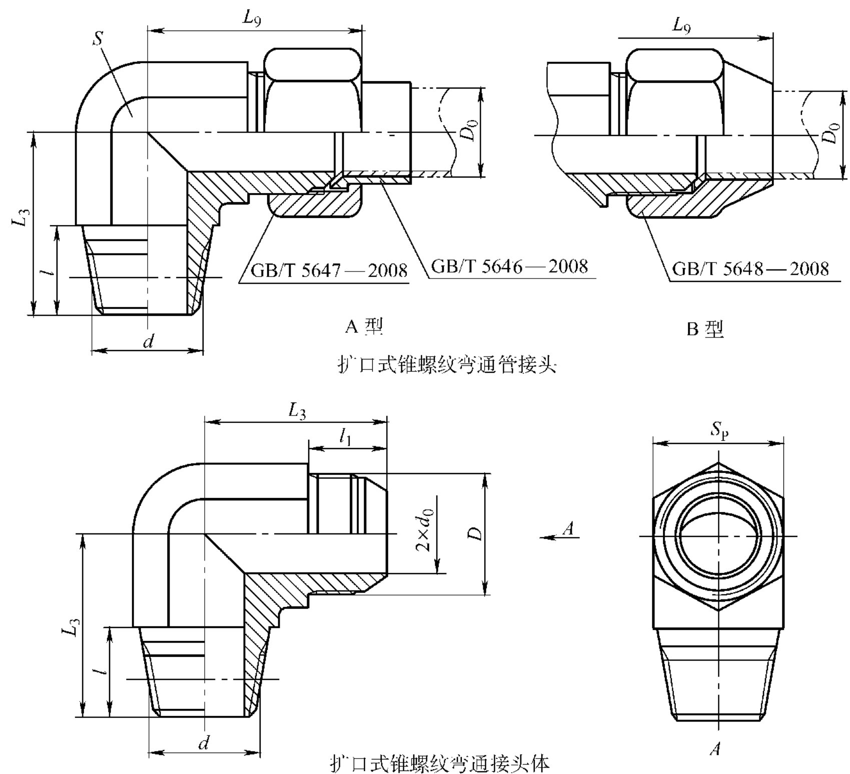


扩口式锥螺纹弯通管接头



扩口式锥螺纹弯通接头体

（续）



扩口式锥螺纹弯通管接头

扩口式锥螺纹弯通接头体

标记示例：

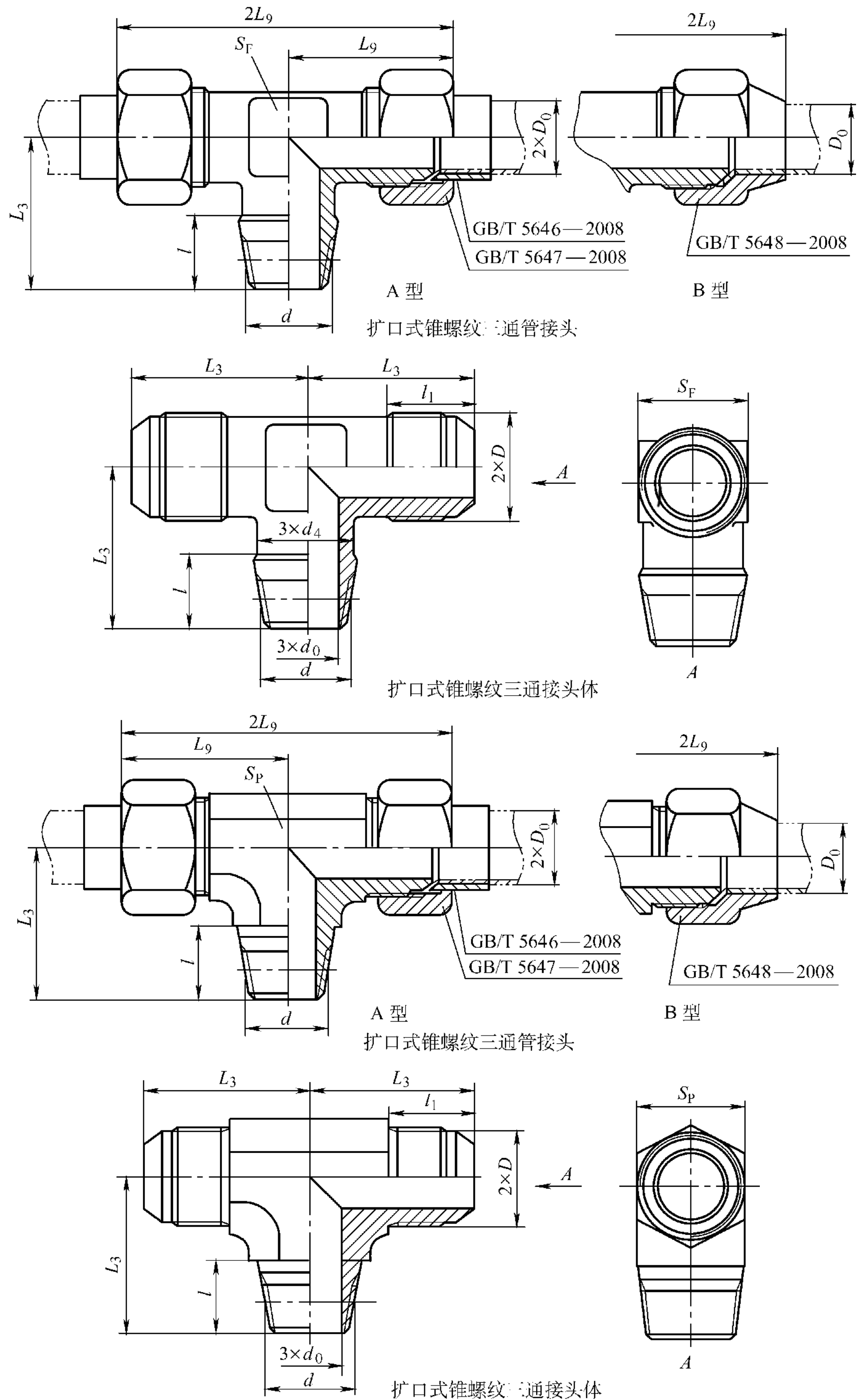
扩口型式A，管子外径为10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制扩口式锥螺纹弯通管接头标记为：管接头 GB/T 5629　A10/R1/4

扩口型式A，管子外径为10mm，55°密封管螺纹（R），表面镀锌处理的钢制扩口式锥螺纹弯通接头体标记为：接头体 GB/T 5629　A10/R1/4

管子外径 D_0	d_0	d[a]		D	$L_9\approx$		l	L_3	d_4	l_1	S	
					A型	B型					S_F	S_P
4	3	R1/8	NPT1/8	M10×1	25.5	30	8.5	20.5	8	9.5	8	10
5	3.5											
6	4			M12×1.5	29.5	34.5		24	10	12	10	12
8	6	R1/4	NPT1/4	M14×1.5	35.5	43	12.5	28.5	11	13.5	12	14
10	8			M16×1.5	37.5	46.5		30.5	13	14.5	14	17
12	10	R3/8	NPT3/8	M18×1.5	38	49.5	13	31.5	15		17	19
14				M22×1.5	39.5	55		34	19	15	19	22
16	14	R1/2	NPT1/2	M24×1.5	41.5	57.5	17	35.5	21	15.5	22	24
18	15			M27×1.5	43	63		37.5	24	16	24	27
20	17	R3/4	NPT3/4	M30×2	50	—	18	43	27	20	27	30
22	19			M33×2	53	—		45.5	30		30	34
25	22	R1	NPT1	M36×2	55	—	21.5	47	33		34	36
28	24			M39×2	58.5	—		50	36	21.5	36	41
32	27	R1¼	NPT1¼	M42×2	61	—	24	52.5	39	22.5	41	46
34	30			M45×2	62.5	—		54	42		46	

注：[a] 优先选用55°密封管螺纹。

表 22.9-49　扩口式锥螺纹三通管接头(摘自 GB/T 5635—2008)　　(mm)



标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，55°密封管螺纹(R)，表面镀锌处理的钢制扩口式锥螺纹三通管接头标记为：管接头 GB/T 5635　A10/R1/4

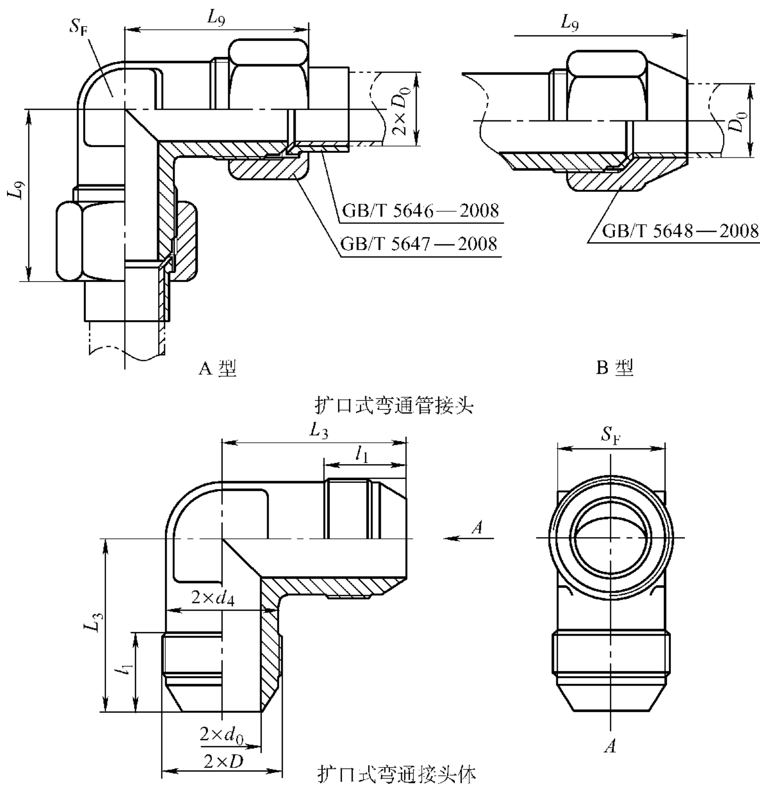
扩口型式 A，管子外径为 10mm，55°密封管螺纹(R)，表面镀锌处理的钢制扩口式锥螺纹三通接头体标记为：接头体 GB/T 5635　A10/R1/4

（续）

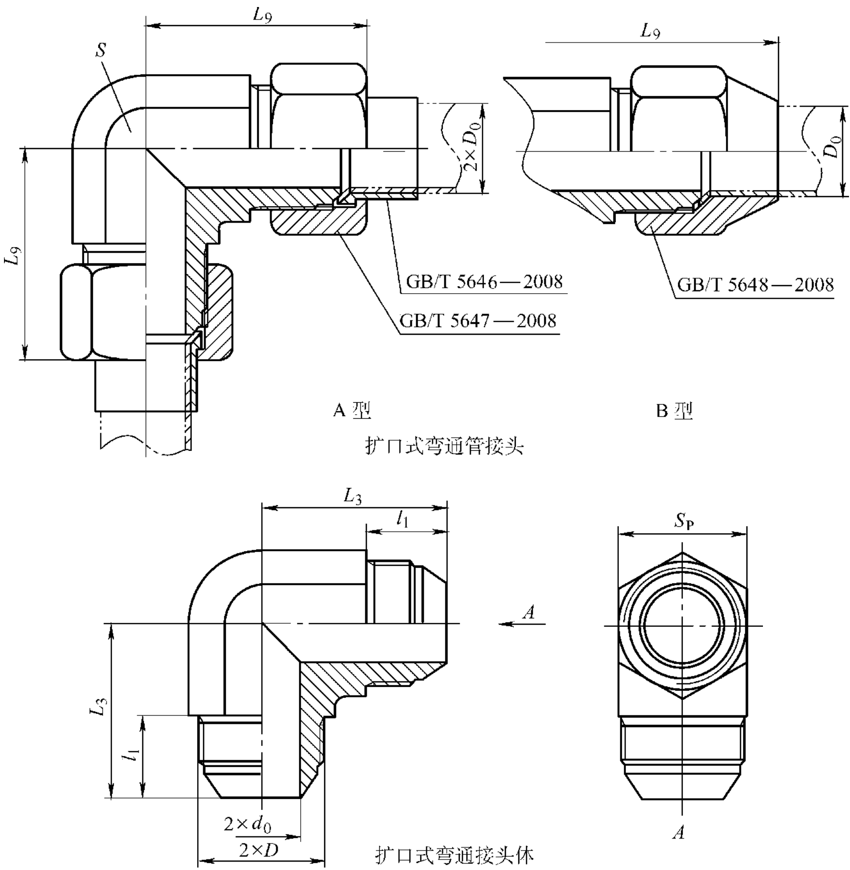
管子外径 D_0	d_0	d[a]		D	$L_9\approx$		l	L_3	d_4	l_1	S	
					A 型	B 型					S_F	S_P
4	3	R1/8	NPT1/8	M10×1	25.5	30	8.5	20.5	8	9.5	8	10
5	3.5											
6	4			M12×1.5	29.5	34.5		24	10	12	10	12
8	6	R1/4	NPT1/4	M14×1.5	35.5	43	12.5	28.5	11	13.5	12	14
10	8			M16×1.5	37.5	46.5		30.5	13	14.5	14	17
12	10	R3/8	NPT3/8	M18×1.5	38	49.5	13	31.5	15		17	19
14				M22×1.5	39.5	55		34	19	15	19	22
16	14	R1/2	NPT1/2	M24×1.5	41.5	57.5	17	35.5	21	15.5	22	24
18	15			M27×1.5	43	63		37.5	24	16	24	27
20	17	R3/4	NPT3/4	M30×2	50	—	18	43	27	20	27	30
22	19			M33×2	53	—		45.5	30		30	34
25	22	R1	NPT1	M36×2	55	—	21.5	47	33		34	36
28	24			M39×2	58.5	—		50	36	21.5	36	41
32	27	R1¼	NPT1¼	M42×2	61	—	24	52.5	39	22.5	41	46
34	30			M45×2	62.5	—		54	42		46	

注：[a] 优先选用 55°密封管螺纹。

表 22.9-50　扩口式弯通管接头（摘自 GB/T 5630—2008）　（mm）



（续）



A 型　　B 型

扩口式弯通管接头

扩口式弯通接头体

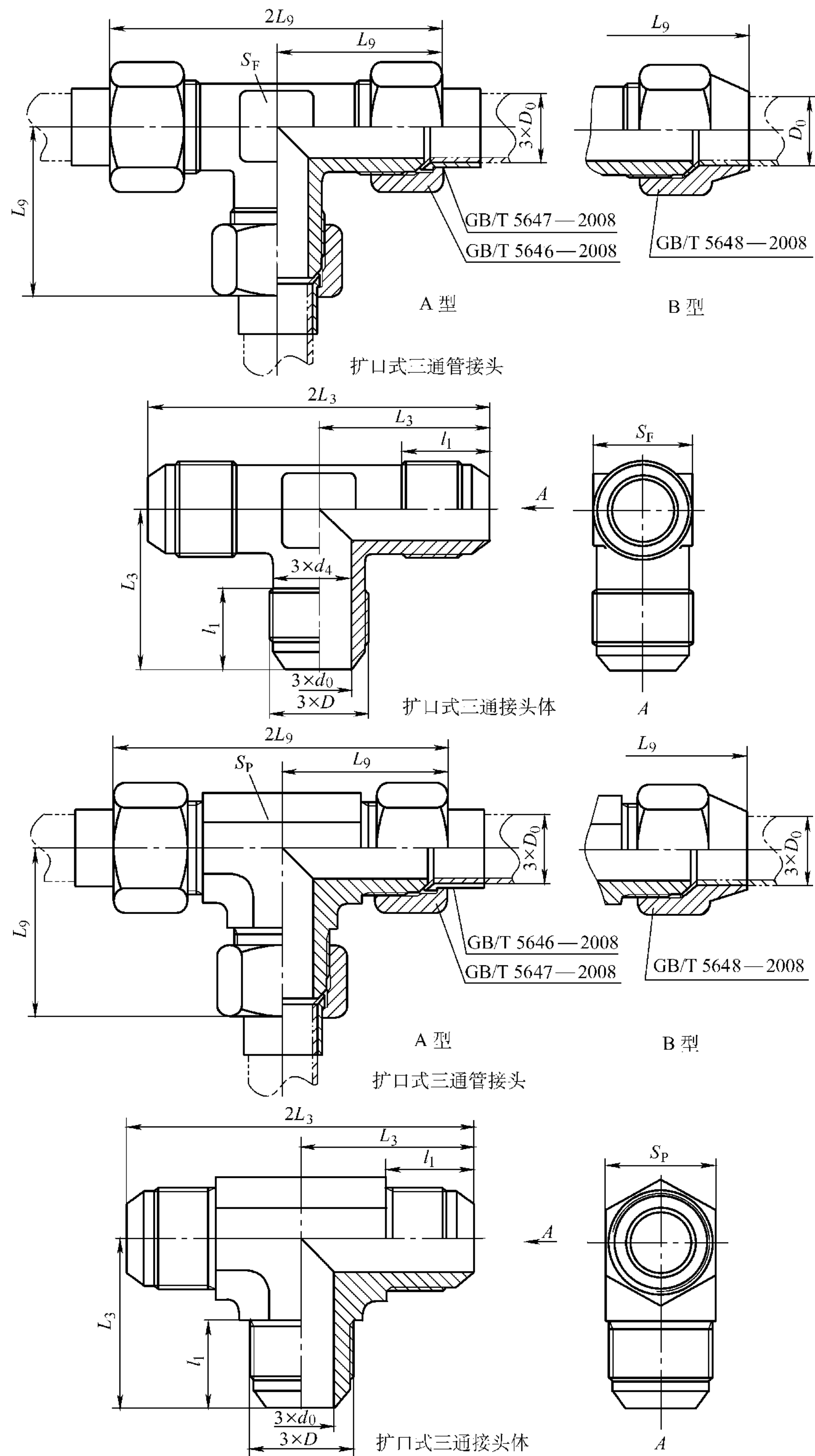
标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式弯通管接头标记为：管接头　GB/T 5630　A10

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式弯通接头体标记为：接头体　GB/T 5630　A10

管子外径 D_0	d_0	D	d_4	$L_9\approx$		L_3	l_1	S	
				A 型	B 型			S_F	S_P
4	3	M10×1	8	25.5	30	20.5	9.5	8	10
5	3.5								
6	4	M12×1.5	10	29.5	34.5	24	12	10	12
8	6	M14×1.5	11	35.5	43	28.5	13.5	12	14
10	8	M16×1.5	13	37.5	46.5	30.5	14.5	14	17
12	10	M18×1.5	15	38	49.5	31.5		17	19
14	12	M22×1.5	19	39.5	55	34	15	19	22
16	14	M24×1.5	21	41.5	57.5	35.5	15.5	22	24
18	15	M27×1.5	24	43	63	37.5	16	24	27
20	17	M30×2	27	50	—	43	20	27	30
22	19	M33×2	30	53	—	45.5		30	34
25	22	M36×2	33	55	—	47		34	36
28	24	M39×2	36	58.5	—	50	21.5	36	41
32	27	M42×2	39	61	—	52.5	22.5	41	46
34	30	M45×2	42	62.5	—	54		46	

表 22.9-51　扩口式三通管接头（摘自 GB/T 5639—2008）　（mm）



标记示例：

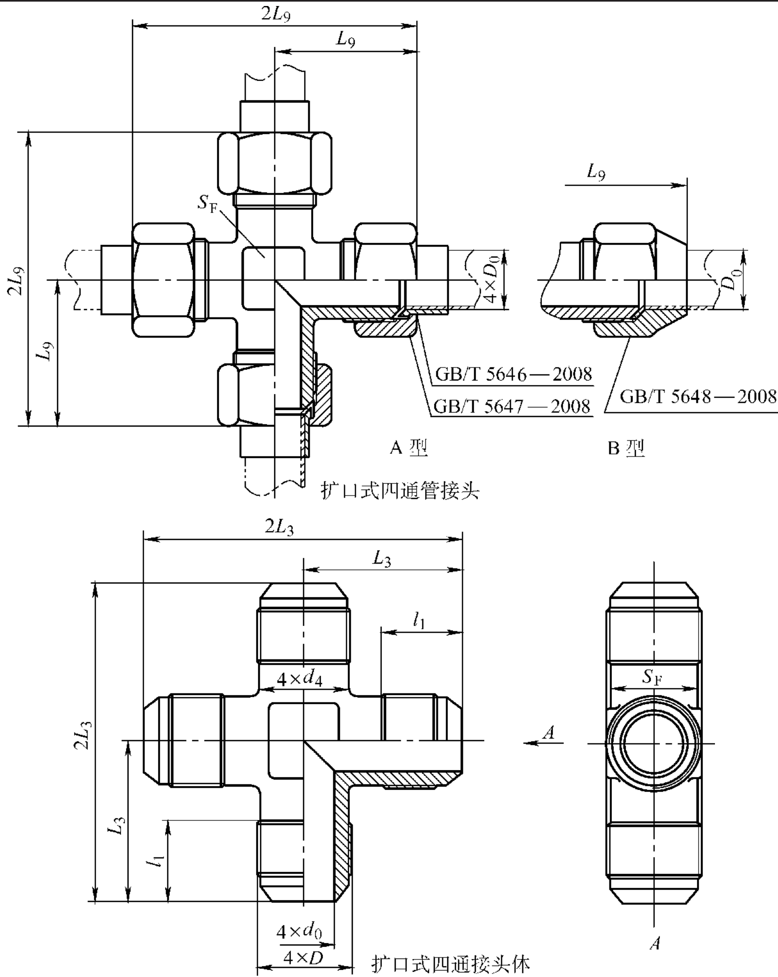
扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式三通管接头标记为：管接头　GB/T 5639　A10

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式三通接头体标记为：接头体　GB/T 5639　A10

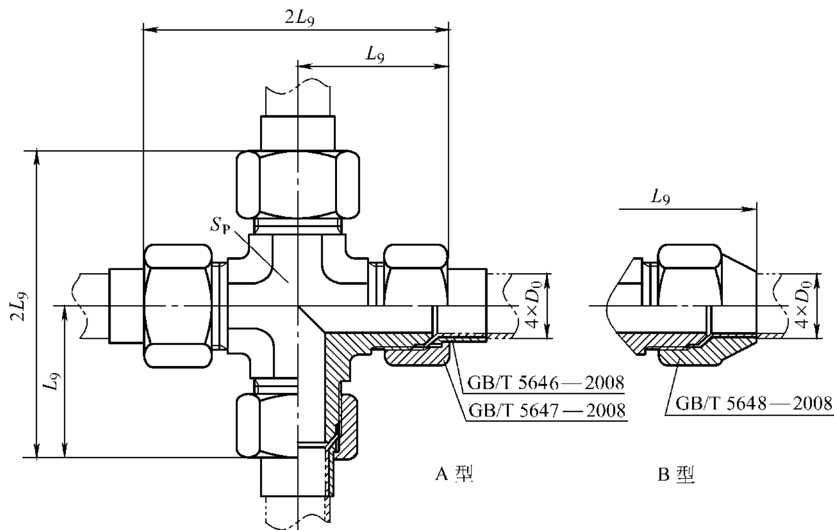
（续）

管子外径 D_0	d_0	D	d_4	$L_9 \approx$		L_3	l_1	S	
				A 型	B 型			S_F	S_P
4	3	M10×1	8	25.5	30	20.5	9.5	8	10
5	3.5								
6	4	M12×1.5	10	29.5	34.5	24	12	10	12
8	6	M14×1.5	11	35.5	43	28.5	13.5	12	14
10	8	M16×1.5	13	37.5	46.5	30.5	14.5	14	17
12	10	M18×1.5	15	38	49.5	31.5		17	19
14	12	M22×1.5	19	39.5	55	34	15	19	22
16	14	M24×1.5	21	41.5	57.5	35.5	15.5	22	24
18	15	M27×1.5	24	43	63	37.5	16	24	27
20	17	M30×2	27	50	—	43	20	27	30
22	19	M33×2	30	53	—	45.5		30	34
25	22	M36×2	33	55	—	47		34	36
28	24	M39×2	36	58.5	—	50	21.5	36	41
32	27	M42×2	39	61	—	52.5	22.5	41	46
34	30	M45×2	42	62.5	—	54		46	

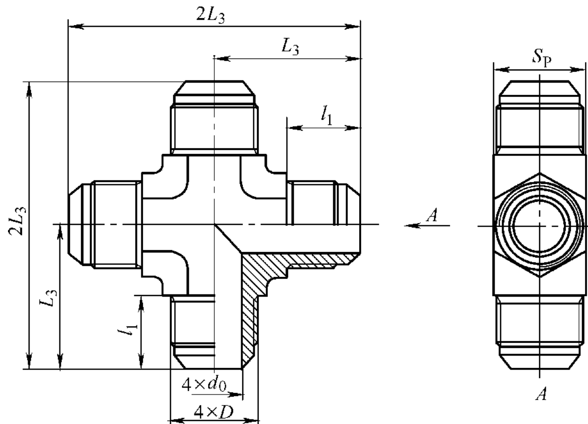
表 22.9-52　扩口式四通管接头（摘自 GB/T 5641—2008）　　　　（mm）



（续）



扩口式四通管接头



扩口式四通接头体

标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式四通管接头标记为：管接头　GB/T 5639　A10

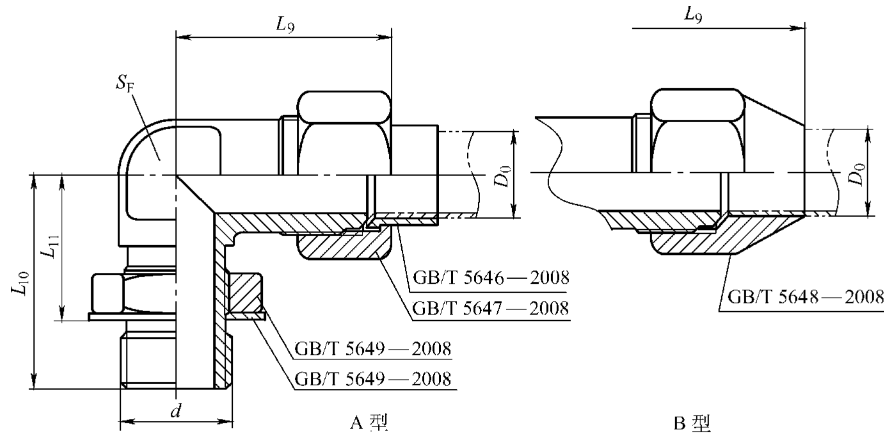
扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式四通接头体标记为：接头体　GB/T 5639　A10

管子外径 D_0	d_0	D	d_4	L_9 ≈		L_3	l_1	S	
				A 型	B 型			S_F	S_P
4	3	M10 × 1	8	25. 5	30	20. 5	9. 5	8	10
5	3. 5								
6	4	M12 × 1. 5	10	29. 5	34. 5	24	12	10	12
8	6	M14 × 1. 5	11	35. 5	43	28. 5	13. 5	12	14
10	8	M16 × 1. 5	13	37. 5	46. 5	30. 5	14. 5	14	17
12	10	M18 × 1. 5	15	38	49. 5	31. 5		17	19
14	12	M22 × 1. 5	19	39. 5	55	34	15	19	22
16	14	M24 × 1. 5	21	41. 5	57. 5	35. 5	15. 5	22	24

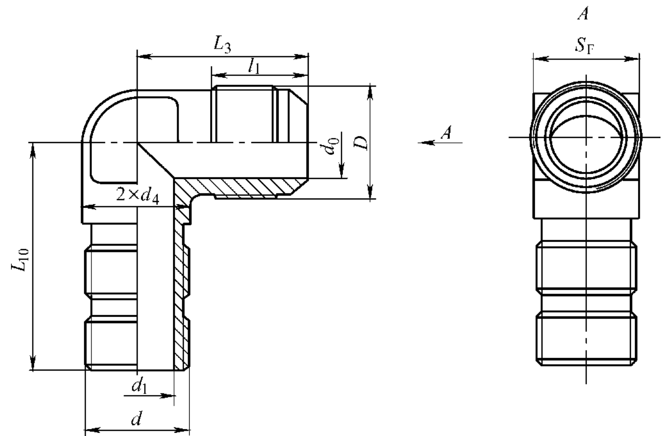
（续）

<table>
<tr><th rowspan="2">管子外径
D_0</th><th rowspan="2">d_0</th><th rowspan="2">D</th><th rowspan="2">d_4</th><th colspan="2">$L_9 \approx$</th><th rowspan="2">L_3</th><th rowspan="2">l_1</th><th colspan="2">S</th></tr>
<tr><th>A 型</th><th>B 型</th><th>S_F</th><th>S_P</th></tr>
<tr><td>18</td><td>15</td><td>M27×1.5</td><td>24</td><td>43</td><td>63</td><td>37.5</td><td>16</td><td>24</td><td>27</td></tr>
<tr><td>20</td><td>17</td><td>M30×2</td><td>27</td><td>50</td><td>—</td><td>43</td><td rowspan="3">20</td><td>27</td><td>30</td></tr>
<tr><td>22</td><td>19</td><td>M33×2</td><td>30</td><td>53</td><td>—</td><td>45.5</td><td>30</td><td>34</td></tr>
<tr><td>25</td><td>22</td><td>M36×2</td><td>33</td><td>55</td><td>—</td><td>47</td><td>34</td><td>36</td></tr>
<tr><td>28</td><td>24</td><td>M39×2</td><td>36</td><td>58.5</td><td>—</td><td>50</td><td>21.5</td><td>36</td><td>41</td></tr>
<tr><td>32</td><td>27</td><td>M42×2</td><td>39</td><td>61</td><td>—</td><td>52.5</td><td rowspan="2">22.5</td><td>41</td><td rowspan="2">46</td></tr>
<tr><td>34</td><td>30</td><td>M45×2</td><td>42</td><td>62.5</td><td>—</td><td>54</td><td>46</td></tr>
</table>

表 22.9-53 扩口式可调向端弯通管接头(摘自 GB/T 5631—2008) (mm)

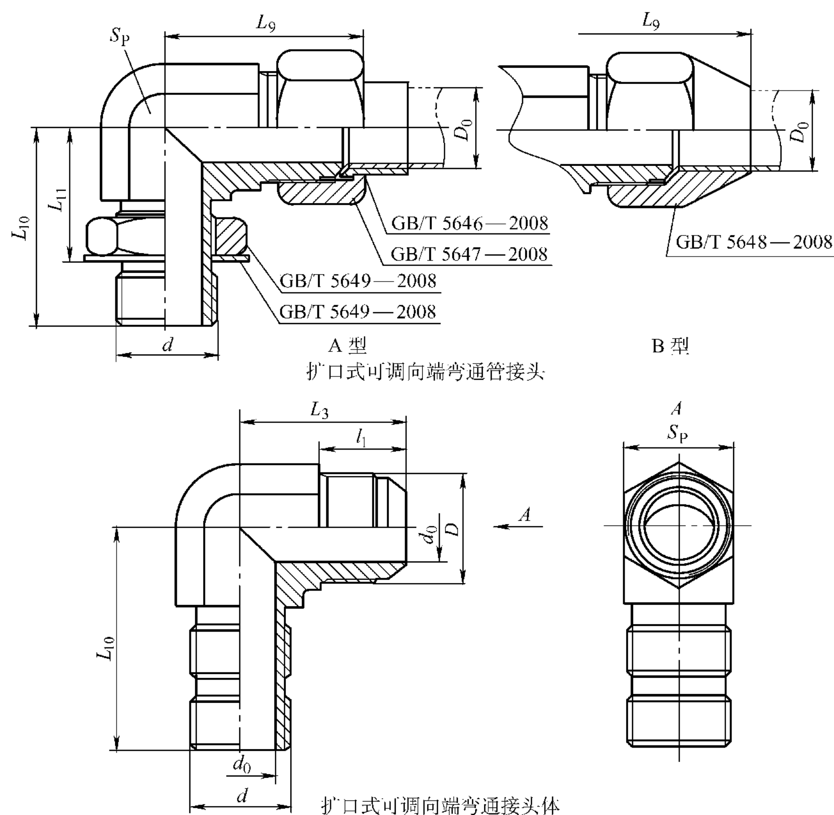


扩口式可调向端弯通管接头



扩口式可调向端弯通接头体

（续）



扩口式可调向端弯通管接头

扩口式可调向端弯通接头体

标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，普通螺纹（M）可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制扩口式可调向端弯通管接头标记为：

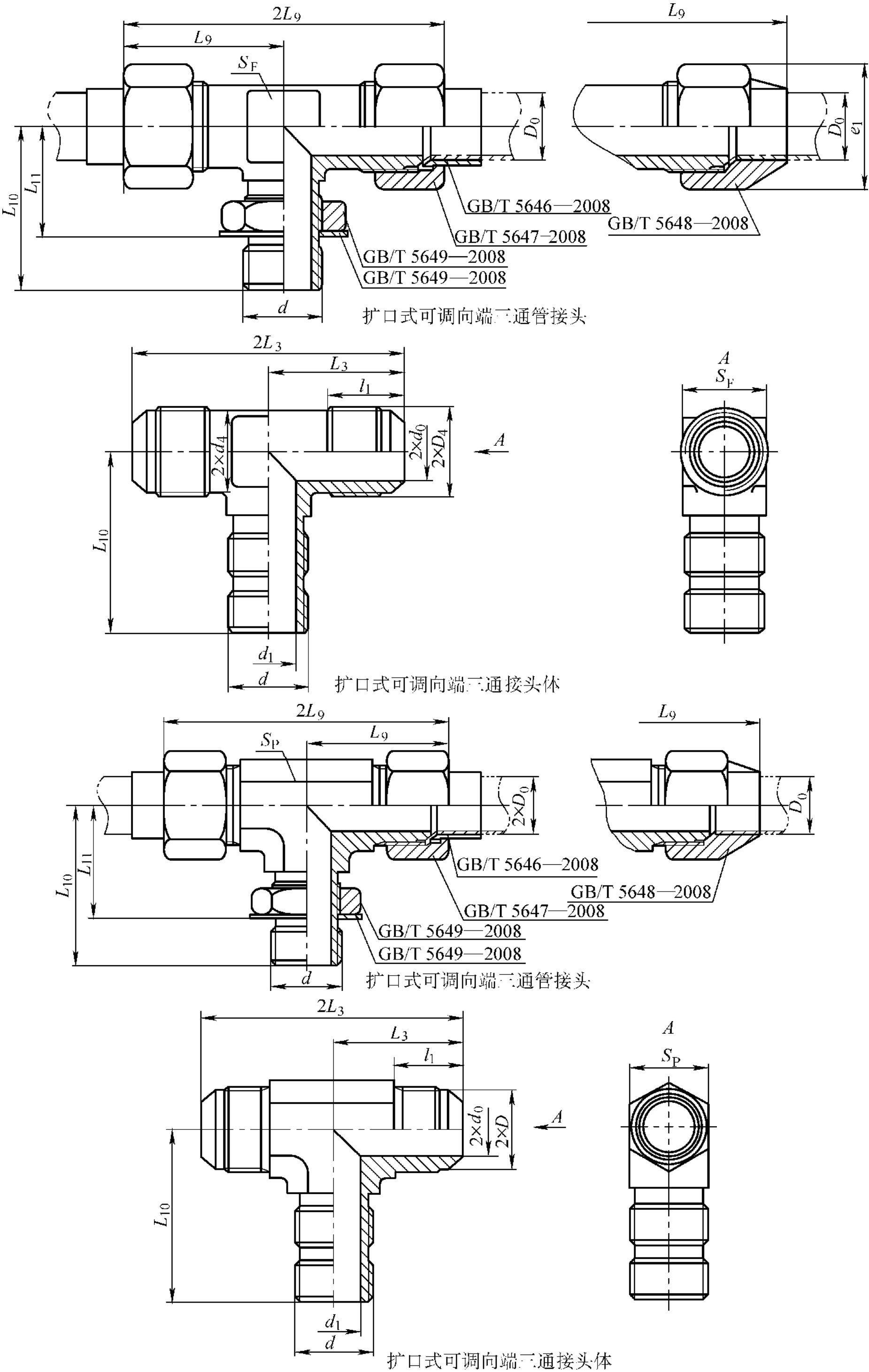
管接头　GB/T 5631　A10F

扩口型式 A，管子外径为 10mm，普通螺纹（M）可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制扩口式可调向端弯通接头体标记为：

接头体　GB/T 5631　A10F

管子外径 D_0	d_0	D	d	d_1		d_4	l_1	L_3	L_{10} ±1	L_{11} 参考	L_9 ≈		S	
				基本尺寸	极限偏差						A 型	B 型	S_F	S_P
4	3	M10×1	M10×1	4.5	±0.1	8	9.5	20.5	25	16.4	25.5	30	8	10
5	3.5													
6	4	M12×1.5				10	12	24			29.5	34.5	10	12
8	6	M14×1.5	M12×1.5	6		11	13.5	28.5	31	19.9	35.5	43	12	14
10	8	M16×1.5	M14×1.5	7.5	±0.2	13	14.5	30.5	31	19.9	37.5	46.5	14	17
12	10	M18×1.5	M16×1.5	9		15		31.5	33.5	21.9	38	49.5	17	19
14	12	M22×1.5	M18×1.5	11		19	15	34	37.5	24.9	39.5	55	19	22
16	14	M24×1.5	M22×1.5	14		21	15.5	35.5	41.5	28.8	41.5	57.5	22	24
18	15	M27×1.5				24	16	37.5			43	63	24	27
20	17	M30×2	M27×2	18		27	20	43	48.5	32.8	50	—	27	30
22	19	M33×2				30		45.5			53	—	30	34
25	22	M36×2	M33×2	23		33		47	51.5	35.8	55	—	34	36
28	24	M39×2				36	21.5	50			58.5	—	36	41
32	27	M42×2	M42×2	30		39	22.5	52.5	56.5	40.8	61	—	41	46
34	30	M45×2				42		54			62.5	—	46	

表 22.9-54 扩口式可调向端三通管接头(摘自 GB/T 5633—2008) (mm)



标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，普通螺纹(M)可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制扩口式可调向端三通管接头标记为：

管接头 GB/T 5633 A10

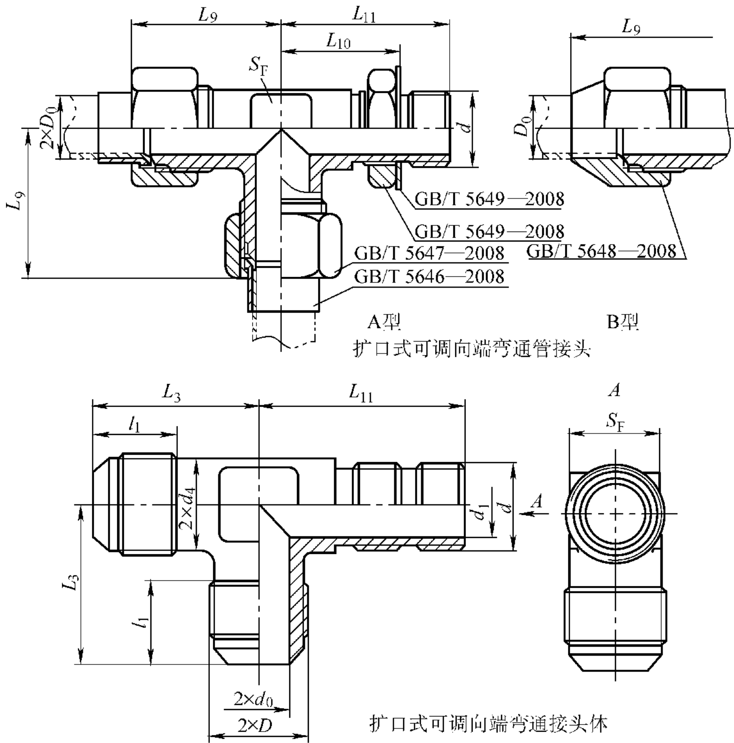
扩口型式 A，管子外径为 10mm，普通螺纹(M)可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制扩口式可调向端三通接头体标记为：

接头体 GB/T 5633 A10

（续）

管子外径 D_0	d_0	D	d	d_1 基本尺寸	d_1 极限偏差	d_4	l_1	L_3	L_{10} ±1	L_{11} 参考	L_9≈ A 型	L_9≈ B 型	S S_F	S S_P
4	3	M10×1	M10×1	4.5	±0.1	8	9.5	20.5	25	16.4	25.5	30	8	10
5	3.5													
6	4	M12×1.5				10	12	24			29.5	34.5	10	12
8	6	M14×1.5	M12×1.5	6		11	13.5	28.5	31	19.9	35.5	43	12	14
10	8	M16×1.5	M14×1.5	7.5	±0.2	13	14.5	30.5	31	19.9	37.5	46.5	14	17
12	10	M18×1.5	M16×1.5	9		15		31.5	33.5	21.9	38	49.5	17	19
14	12	M22×1.5	M18×1.5	11		19	15	34	37.5	24.9	39.5	55	19	22
16	14	M24×1.5	M22×1.5	14		21	15.5	35.5	41.5	28.8	41.5	57.5	22	24
18	15	M27×1.5				24	16	37.5			43	63	24	27
20	17	M30×2	M27×2	18		27	20	43	48.5	32.8	50	—	27	30
22	19	M33×2				30		45.5			53	—	30	34
25	22	M36×2	M33×2	23		33		47	51.5	35.8	55	—	34	36
28	24	M39×2				36	21.5	50			58.5	—	36	41
32	27	M42×2	M42×2	30		39	22.5	52.5	56.5	40.8	61	—	41	46
34	30	M45×2				42		54			62.5	—	46	

表 22.9-55　扩口式可调向端弯通管接头（摘自 GB/T 5637—2008）　　（mm）



（续）

A型 B型

扩口式可调向端弯通管接头

扩口式可调向端弯通接头体

标记示例：

扩口型式A，管子外径为10mm，普通螺纹（M）可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制扩口式可调向端弯通管接头标记为：

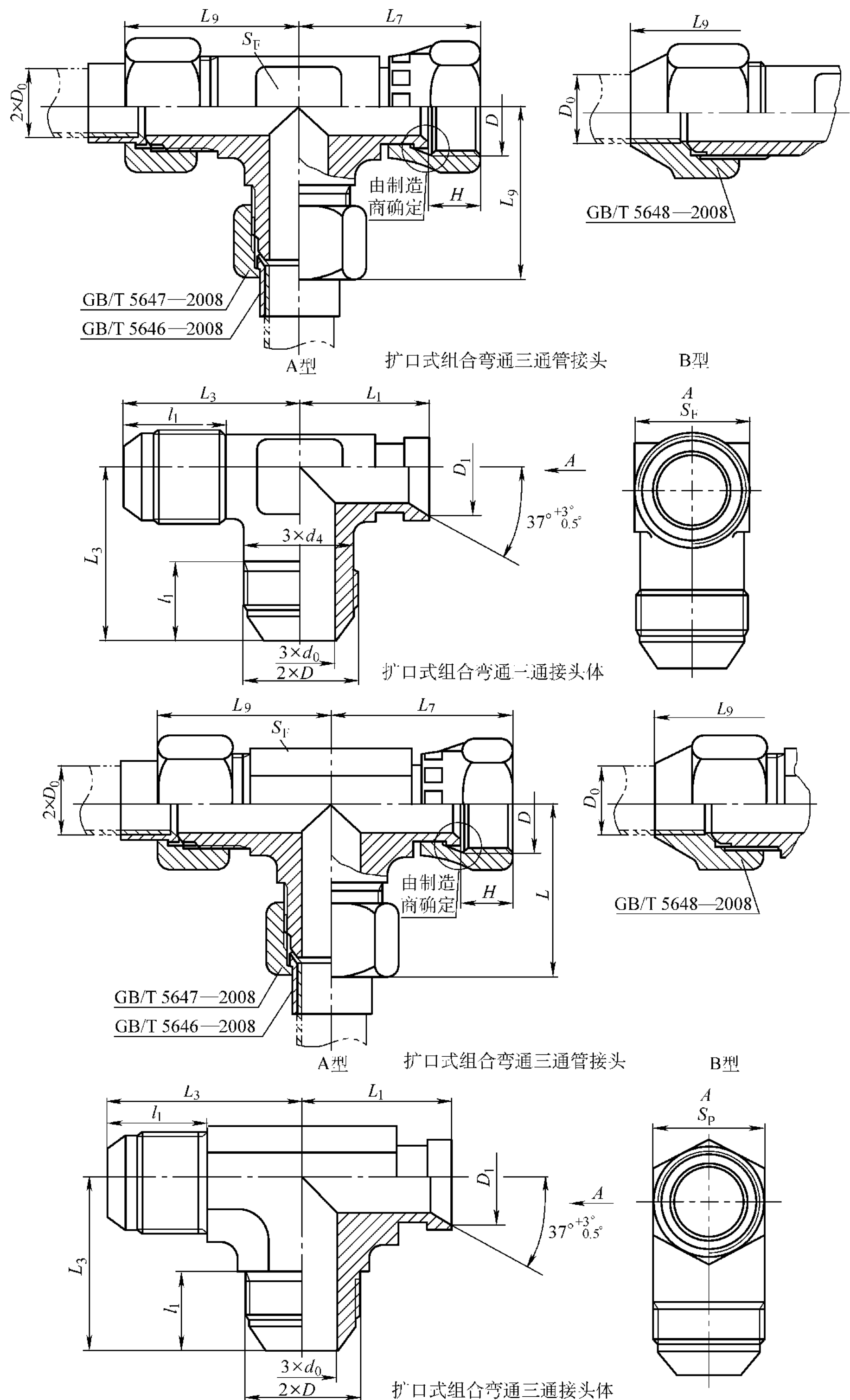
管接头 GB/T 5637 A10F

扩口型式A，管子外径为10mm，普通螺纹（M）可调向螺纹柱端，表面镀锌处理的钢制扩口式可调向端弯通接头体标记为：

接头体 GB/T 5637 A10F

管子外径 D_0	d_0	D	d	d_1		d_4	l_1	L_3	L_{10} ±1	L_{11} 参考	$L_9 \approx$		S	
				基本尺寸	极限偏差						A型	B型	S_F	S_P
4	3	M10×1	M10×1	4.5	±0.1	8	9.5	20.5	25	16.4	25.5	30	8	10
5	3.5													
6	4	M12×1.5				10	12	24			29.5	34.5	10	12
8	6	M14×1.5	M12×1.5	6		11	13.5	28.5	31	19.9	35.5	43	12	14
10	8	M16×1.5	M14×1.5	7.5	±0.2	13	14.5	30.5	31	19.9	37.5	46.5	14	17
12	10	M18×1.5	M16×1.5	9		15		31.5	33.5	21.9	38	49.5	17	19
14	12	M22×1.5	M18×1.5	11		19	15	34	37.5	24.9	39.5	55	19	22
16	14	M24×1.5	M22×1.5	14		21	15.5	35.5	41.5	28.8	41.5	57.5	22	24
18	15	M27×1.5				24	16	37.5			43	63	24	27
20	17	M30×2	M27×2	18		27	20	43	48.5	32.8	50	—	27	30
22	19	M33×2				30		45.5			53	—	30	34
25	22	M36×2	M33×2	23		33		47	51.5	35.8	55	—	34	36
28	24	M39×2				36	21.5	50			58.5	—	36	41
32	27	M42×2	M42×2	30		39	22.5	52.5	56.5	40.8	61	—	41	46
34	30	M45×2				42		54			62.5	—	46	

表 22.9-56　扩口式组合弯通三通管接头(摘自 GB/T 5634—2008)　　(mm)



标记示例：

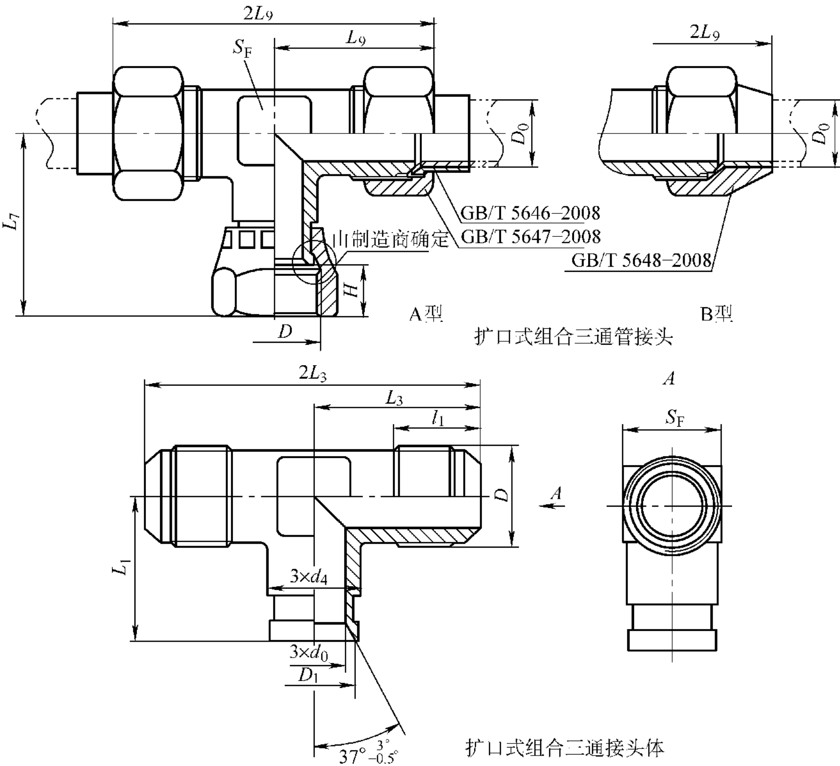
扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式组合弯通三通管接头标记为：管接头　GB/T 5634　A10

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式组合弯通三通接头体标记为：接头体　GB/T 5634　A10

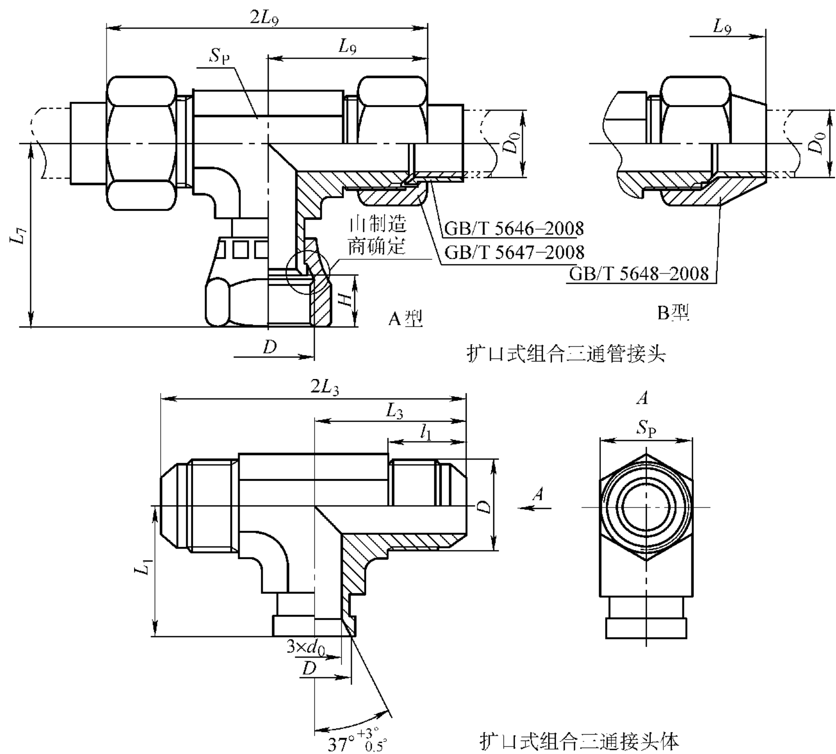
（续）

管子外径 D_0	d_0	D	D_1 ± 0.13	d_4	L_9 ≈		L_1	L_3	L_7	l_1	H	S	
					A 型	B 型						S_F	S_P
4	3	M10×1	7.2	8	25.5	30	14	20.5	24.5	9.5	7.5	8	10
5	3.5						16.5						
6	4	M12×1.5	8.7	10	29.5	34.5	18.5	24	28.5	12	9.5	10	12
8	6	M14×1.5	10.4	11	35.5	43	22.5	28.5	33.5	13.5	10.5	12	14
10	8	M16×1.5	12.4	13	37.5	46.5	23.5	30.5		14.5		14	17
12	10	M18×1.5	14.4	15	38	49.5	24.5	31.5	36.5			17	19
14	12	M22×1.5	17.4	19	39.5	55	26.5	34	38.5	15		19	22
16	14	M24×1.5	19.9	21	41.5	57.5	27.5	35.5	40	15.5	11	22	24
18	15	M27×1.5	22.9	24	43	63	29	37.5	41.5	16		24	27
20	17	M30×2	24.9	27	50	—	31.5	43	47.5	20	13.5	27	30
22	19	M33×2	27.9	30	53	—	36	45.5	51		14	30	34
25	22	M36×2	30.9	33	55	—	38	47	53		14.5	34	36
28	24	M39×2	33.9	36	58.5	—	40	50	56	21.5	15	36	41
32	27	M42×2	36.9	39	61	—	42.5	52.5	58.5	22.5	15.5	41	46
34	30	M45×2	39.9	42	62.5	—	44	54	60.5		16	46	

表 22.9-57　扩口式组合三通管接头（摘自 GB/T 5638—2008）　　（mm）



（续）



扩口式组合三通管接头

扩口式组合三通接头体

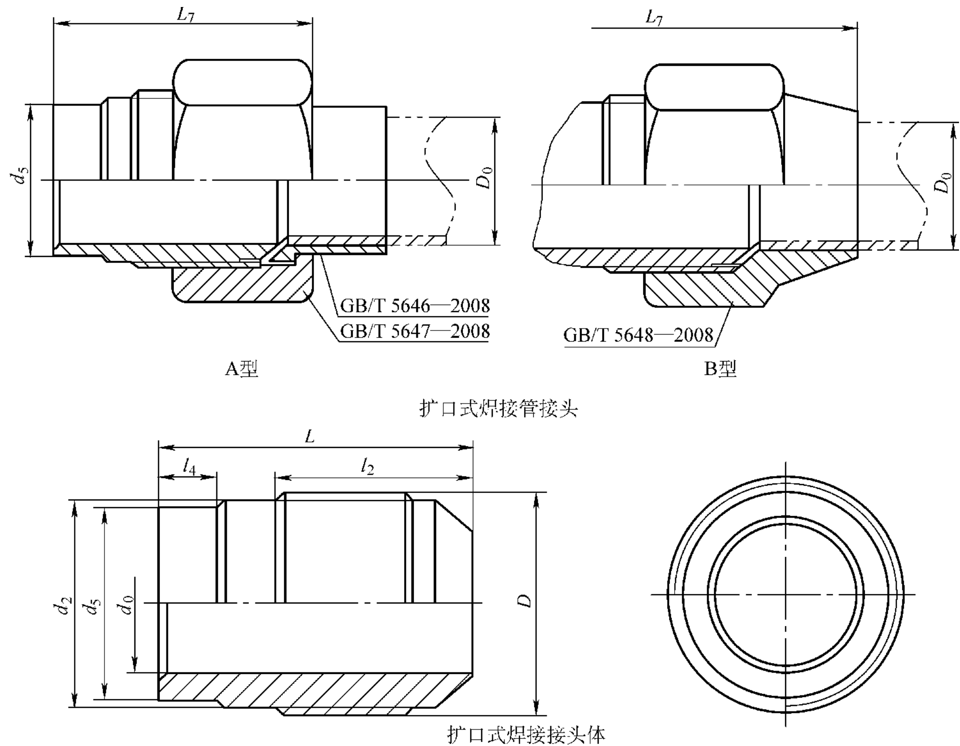
标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式组合三通管接头标记为：管接头　GB/T 5638　A10

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式组合三通接头体标记为：接头体　GB/T 5638　A10

管子外径 D_0	d_0	D	D_1 ± 0.13	d_4	L_9 ≈		L_1	L_3	L_7	l_1	H	S	
					A 型	B 型						S_F	S_P
4	3	M10×1	7.2	8	25.5	30	14	20.5	24.5	9.5	7.5	8	10
5	3.5						16.5						
6	4	M12×1.5	8.7	10	29.5	34.5	18.5	24	28.5	12	9.5	10	12
8	6	M14×1.5	10.4	11	35.5	43	22.5	28.5	33.5	13.5	10.5	12	14
10	8	M16×1.5	12.4	13	37.5	46.5	23.5	30.5		14.5		14	17
12	10	M18×1.5	14.4	15	38	49.5	24.5	31.5	36.5			17	19
14	12	M22×1.5	17.4	19	39.5	55	26.5	34	38.5	15		19	22
16	14	M24×1.5	19.9	21	41.5	57.5	27.5	35.5	40	15.5	11	22	24
18	15	M27×1.5	22.9	24	43	63	29	37.5	41.5	16		24	27
20	17	M30×2	24.9	27	50	—	31.5	43	47.5	20	13.5	27	30
22	19	M33×2	27.9	30	53	—	36	45.5	51		14	30	34
25	22	M36×2	30.9	33	55	—	38	47	53		14.5	34	36
28	24	M39×2	33.9	36	58.5	—	40	50	56	21.5	15	36	41
32	27	M42×2	36.9	39	61	—	42.5	52.5	58.5	22.5	15.5	41	46
34	30	M45×2	39.9	42	62.5	—	44	54	60.5		16	46	

表 22.9-58 扩口式焊接管接头(摘自 GB/T 5642—2008) (mm)



扩口式焊接管接头

扩口式焊接接头体

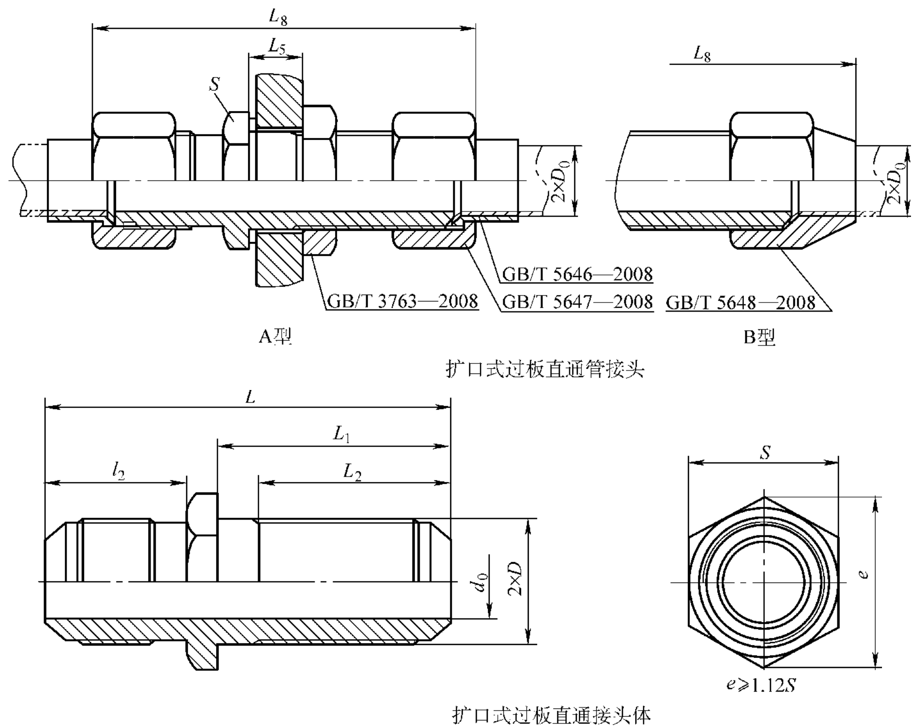
标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面氧化处理的钢制扩口式焊接管接头标记为：管接头 GB/T 5642 A10

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面氧化处理的钢制扩口式焊接接头体标记为：接头体 GB/T 5642 A10

管子外径 D_0	d_0	D	d_2	d_5	$L_7\approx$		l_2	l_4	L
					A 型	B 型			
4	3	M10×1	8.5	6	23	27.5	9.5	3	18
5	3.5			7					
6	4	M12×1.5	10	8	27	31.5	12		20.5
8	6	M14×1.5	11.5	10	29	37	13.5		22.5
10	8	M16×1.5	13.5	12	30	41.5	14.5		23.5
12	10	M18×1.5	15.5	15					
14	12	M22×1.5	19.5	18		45.5	15		24
16	14	M24×1.5	21.5	20	30.5	46.5	15.5		24.5
18	15	M27×1.5	24.5	22	31.5	51.5	16	4	26
20	17	M30×2	27	25	36.5	—	20		30
22	19	M33×2	30	28	37.5	—			
25	22	M36×2	33	31	38	—			
28	24	M39×2	36	34	40	—	21.5		31.5
32	27	M42×2	39	37	41	—	22.5		32.5
34	30	M45×2	42	40		—			

表 22.9-59　扩口式过板直通管接头(摘自 GB/T 5643—2008)　　(mm)



扩口式过板直通管接头

扩口式过板直通接头体

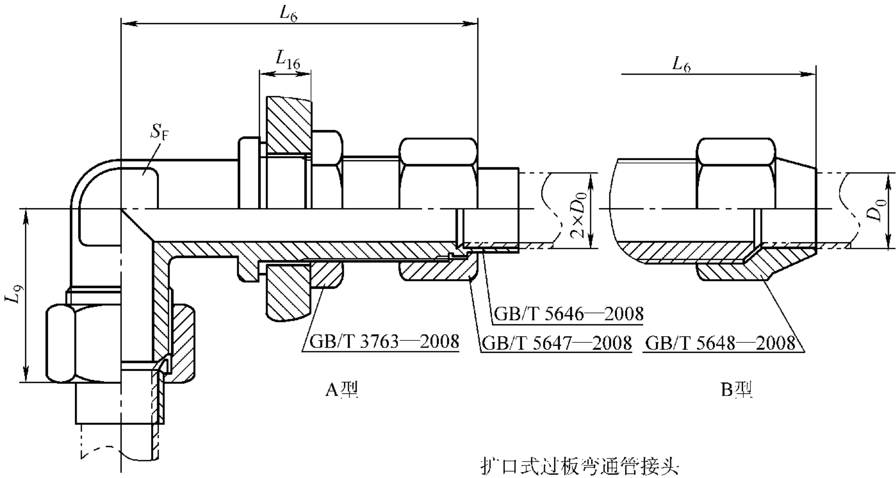
标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式过板直通管接头标记为：管接头　GB/T 5643　A10

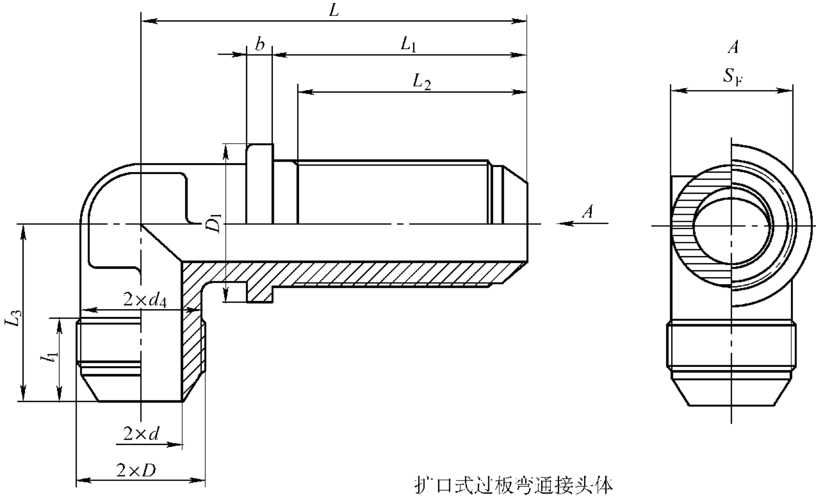
扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式过板直通接头体标记为：接头体　GB/T 5643　A10

<table>
<tr><th rowspan="2">管子外径 D_0</th><th rowspan="2">d_0</th><th rowspan="2">D</th><th colspan="2">$L_8\approx$</th><th rowspan="2">l_2</th><th rowspan="2">L</th><th rowspan="2">L_1</th><th rowspan="2">L_2</th><th rowspan="2">L_5 max</th><th rowspan="2">S</th></tr>
<tr><th>A 型</th><th>B 型</th></tr>
<tr><td>4</td><td>3</td><td rowspan="2">M10×1</td><td rowspan="2">61.5</td><td rowspan="2">70.5</td><td rowspan="2">12.5</td><td rowspan="2">51.5</td><td rowspan="2">34</td><td rowspan="2">31</td><td rowspan="2">20.5</td><td rowspan="3">14</td></tr>
<tr><td>5</td><td>3.5</td></tr>
<tr><td>6</td><td>4</td><td>M12×1.5</td><td>71</td><td>80</td><td>16</td><td>60</td><td>38</td><td>34</td><td rowspan="3">21.5</td></tr>
<tr><td>8</td><td>6</td><td>M14×1.5</td><td>77.5</td><td>93</td><td>18</td><td>64</td><td>40</td><td>35.5</td><td>17</td></tr>
<tr><td>10</td><td>8</td><td>M16×1.5</td><td>79.5</td><td>97.5</td><td rowspan="2">19</td><td>66</td><td>41</td><td>36.5</td><td>19</td></tr>
<tr><td>12</td><td>10</td><td>M18×1.5</td><td rowspan="2">81</td><td>105</td><td>68</td><td>43</td><td>38.5</td><td>23.5</td><td>22</td></tr>
<tr><td>14</td><td>12</td><td>M22×1.5</td><td>112</td><td>19.5</td><td>69.5</td><td>44</td><td>39.5</td><td>24.5</td><td>27</td></tr>
<tr><td>16</td><td>14</td><td>M24×1.5</td><td>85</td><td>117</td><td>20</td><td>73</td><td>45</td><td>40.5</td><td>25</td><td>30</td></tr>
<tr><td>18</td><td>15</td><td>M27×1.5</td><td>87.5</td><td>127.5</td><td>20.5</td><td>76.5</td><td>48</td><td>43.5</td><td>28</td><td>32</td></tr>
<tr><td>20</td><td>17</td><td>M30×2</td><td>101.5</td><td>—</td><td rowspan="3">26</td><td>88</td><td>53</td><td>47</td><td>28.5</td><td>36</td></tr>
<tr><td>22</td><td>19</td><td>M33×2</td><td>105</td><td>—</td><td>90</td><td>55</td><td>49</td><td>29.5</td><td rowspan="2">41</td></tr>
<tr><td>25</td><td>22</td><td>M36×2</td><td>109</td><td>—</td><td>93</td><td>56</td><td>50</td><td>30</td></tr>
<tr><td>28</td><td>24</td><td>M39×2</td><td>114</td><td>—</td><td>27.5</td><td>97.5</td><td>58</td><td>52</td><td rowspan="2">30.5</td><td>46</td></tr>
<tr><td>32</td><td>27</td><td>M42×2</td><td>117.5</td><td>—</td><td rowspan="2">28.5</td><td>100.5</td><td>59</td><td>53</td><td rowspan="2">50</td></tr>
<tr><td>34</td><td>30</td><td>M45×2</td><td>120</td><td>—</td><td>102.5</td><td>60</td><td>54</td><td>31</td></tr>
</table>

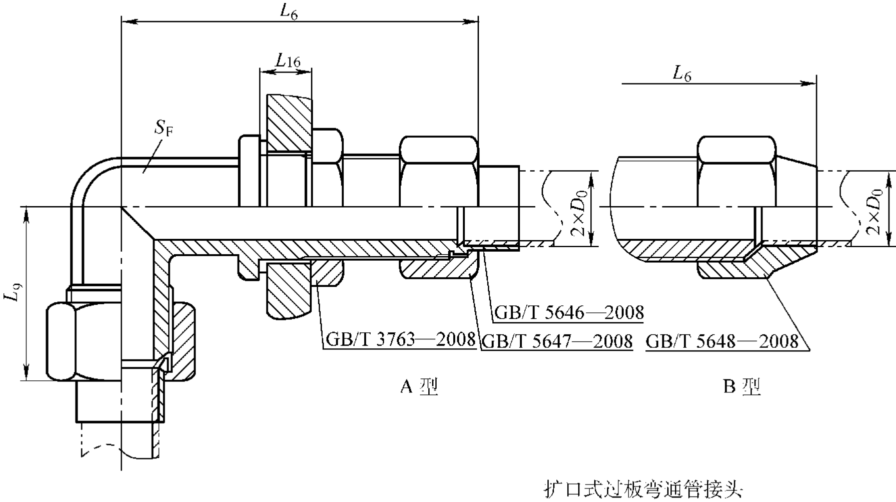
表 22.9-60　扩口式过板弯通管接头（摘自 GB/T 5644—2008）　　　（mm）



扩口式过板弯通管接头

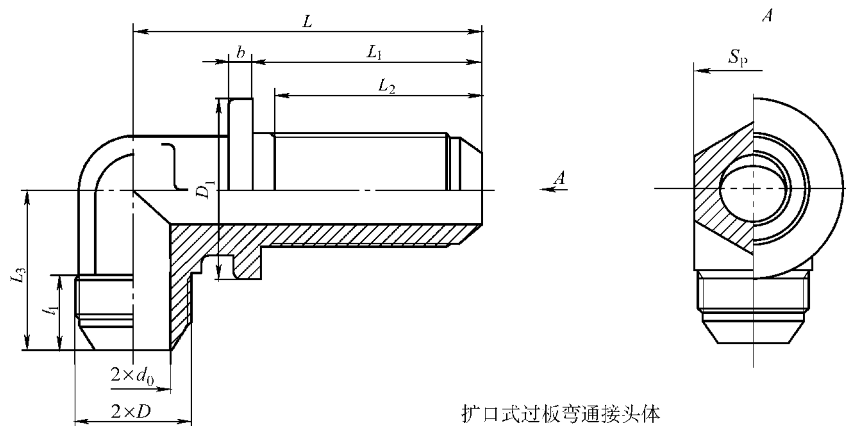


扩口式过板弯通接头体



扩口式过板弯通管接头

（续）



扩口式过板弯通接头体

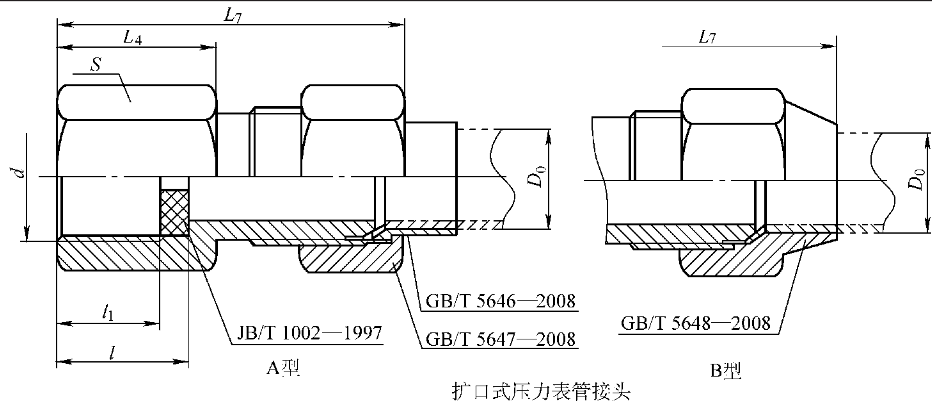
标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式过板弯通管接头标记为：管接头　GB/T 5644　A10

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式过板弯通接头体标记为：接头体　GB/T 5644　A10

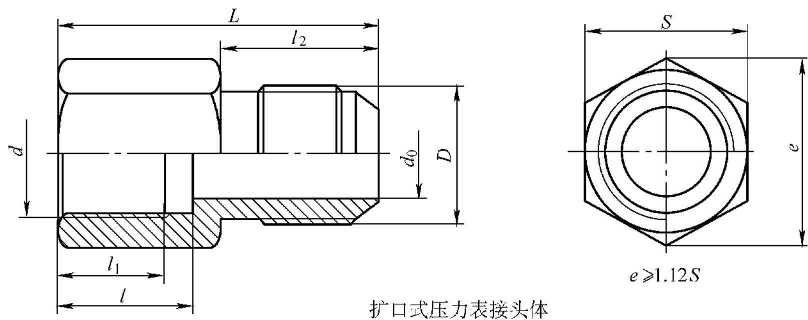
管子外径 D_0	d_0	D	d_4	$L_6\approx$		$L_9\approx$		l_1	L	L_1	L_2	L_3	L_{16} max	D_1	b	S	
				A 型	B 型	A 型	B 型									S_F	S_P
4	3	M10×1	8	56	—	25.5	30	9.5	46	34	31	20.5	20.5	14	3	8	10
5	3.5				60.5												
6	4	M12×1.5	10	63.5	68.5	29.5	34.5	12	52	38	34	24	21.5	17		10	12
8	6	M14×1.5	11	69.5	77	35.5	43	13.5	56	40	35.5	28.5		19	4	12	14
10	8	M16×1.5	13	71.5	80.5	37.5	46.5	14.5	58	41	36.5	30.5		21		14	17
12	10	M18×1.5	15	75	86.5	38	49.5		62	43	38.5	31.5	23.5	23		17	19
14	12	M22×1.5	19	75.5	91	39.5	55	15	64	44	39.5	34	24.5	27		19	22
16	14	M24×1.5	21	73	95	41.5	57.5	15.5	67	45	40.5	35.5	25	29		22	24
18	15	M27×1.5	24	83	103	43	63	16	72	48	43.5	37.5	28	32		24	27
20	17	M30×2	27	84.5	—	50	—	20	78	53	47	43	28.5	35	5	27	30
22	19	M33×2	30	96.5	—	53	—		82	55	49	45.5	29.5	39		30	34
25	22	M36×2	33	102	—	55	—		86	56	50	47	30	42		34	36
28	24	M39×2	36	105	—	58.5	—	21.5	88	58	52	50	30.5	45		36	41
32	27	M42×2	39	112	—	61	—	22.5	95	59	53	52.5		48		41	46
34	30	M45×2	42	113.5	—	62.5	—		96	60	54	54	31	51		46	

表 22.9-61　扩口式压力表管接头（摘自 GB/T 5645—2008）　（mm）



扩口式压力表管接头

（续）



扩口式压力表接头体

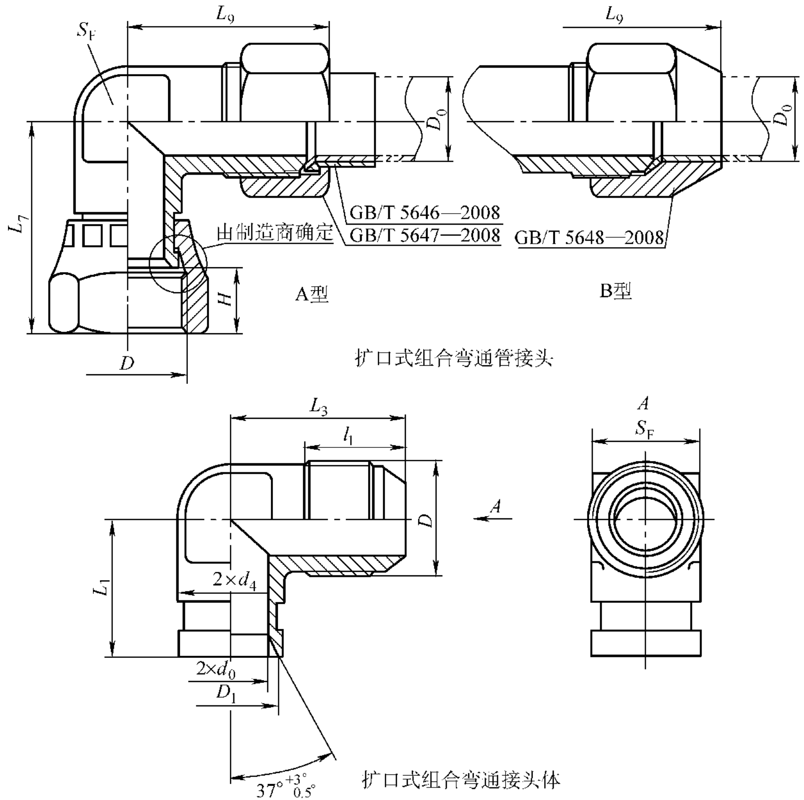
标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式压力表管接头标记为：管接头　GB/T 5645　A10

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式压力表接头体标记为：接头体　GB/T 5645　A10

管子外径 D_0	d_0	d		D	l	l_1	l_2	L	L_4	L_7≈		S
										A 型	B 型	
6	4	M10×1	G1/8	M12×1.5	10.5	5.5	16	30.5	14.5	36	41	14
		M14×1.5	G1/4		13.5	8.5		33.5	17.5	39	44	17
		M20×1.5	G1/2		19	12		40	24	45.5	50	24
14	12			M22×1.5			19.5	43.5		49.5	65	

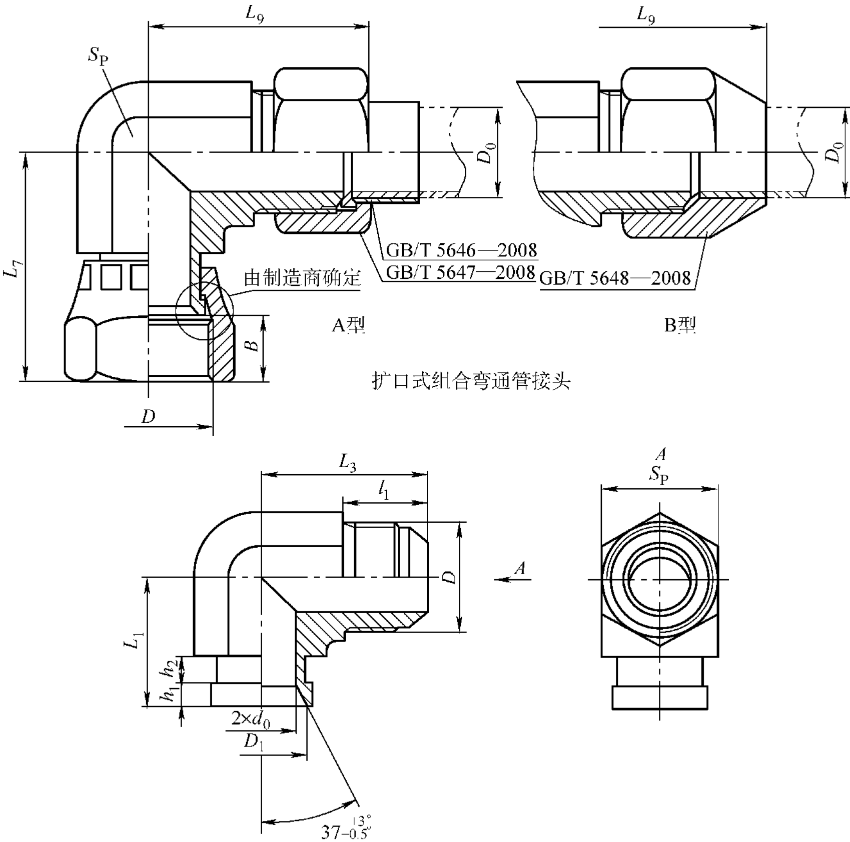
表 22.9-62　扩口式组合弯通管接头（摘自 GB/T 5632—2008）　　　（mm）



扩口式组合弯通管接头

扩口式组合弯通接头体

（续）



扩口式组合弯通管接头

扩口式组合弯通接头体

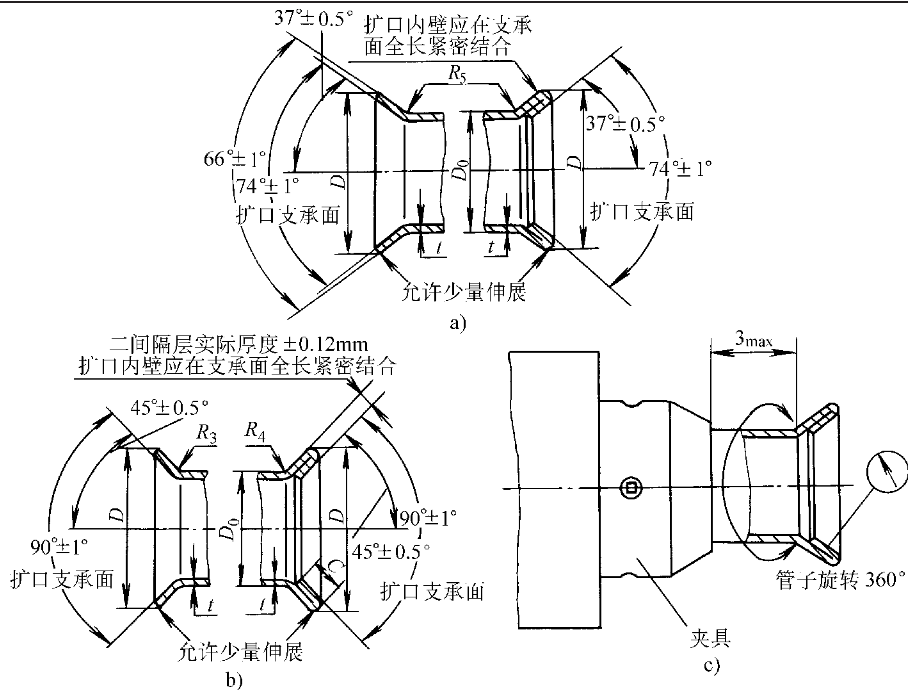
标记示例：

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式组合弯通管接头标记为：管接头　GB/T 5632　A10

扩口型式 A，管子外径为 10mm，表面镀锌处理的钢制扩口式组合弯通接头体标记为：接头体　GB/T 5632　A10

管子外径 D_0	d_0	D	D_1 ± 0.13	d_4	L_9 ≈		L_1	L_3	L_7	l_1	H	S	
					A 型	B 型						S_F	S_P
4	3	M10×1	7.2	8	25.5	30	14	20.5	24.5	9.5	7.5	8	10
5	3.5						16.5						
6	4	M12×1.5	8.7	10	29.5	34.5	18.5	24	28.5	12	9.5	10	12
8	6	M14×1.5	10.4	11	35.5	43	22.5	28.5	33.5	13.5	10.5	12	14
10	8	M16×1.5	12.4	13	37.5	46.5	23.5	30.5		14.5		14	17
12	10	M18×1.5	14.4	15	38	49.5	24.5	31.5	36.5			17	19
14	12	M22×1.5	17.4	19	39.5	55	26.5	34	38.5	15		19	22
16	14	M24×1.5	19.9	21	41.5	57.5	27.5	35.5	40	15.5	11	22	24
18	15	M27×1.5	22.9	24	43	63	29	37.5	41.5	16		24	27
20	17	M30×2	24.9	27	50	—	31.5	43	47.5	20	13.5	27	30
22	19	M33×2	27.9	30	53	—	36	45.5	51		14	30	34
25	22	M36×2	30.9	33	55	—	38	47	53		14.5	34	36
28	24	M39×2	33.9	36	58.5	—	40	50	56	21.5	15	36	41
32	27	M42×2	36.9	39	61	—	42.5	52.5	58.5	22.5	15.5	41	46
34	30	M45×2	39.9	42	62.5	—	44	54	60.5		16	46	

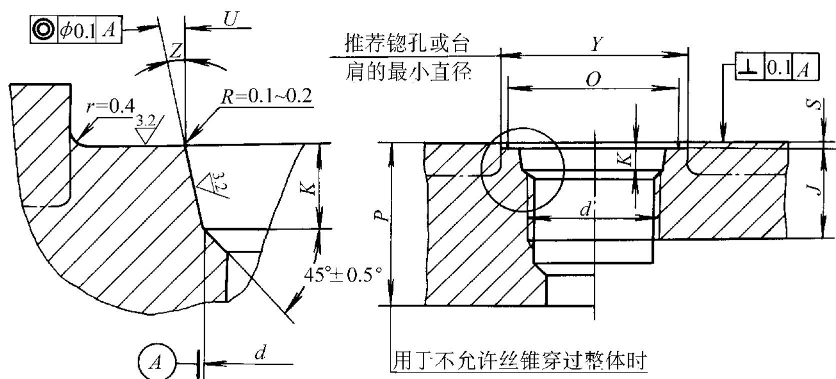
表 22.9-63　管道扩口型式尺寸及允许使用压力　(mm)



D_0	D		R_5		R_3		R_4		纯铜管			碳钢管		
管道外径	单、双层扩口直径		半径		半径		半径		t	C	允许使用压力/MPa	t	C	允许使用压力/MPa
	(最大)	(最小)	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	壁厚(最大)	制造部位宽度(最小)		壁厚(最大)	制造部位宽度(最小)	
4	6.5	6	0.8	±0.35	0.5	±0.25	1	±0.25	0.5	1.3	16	0.5	1.3	16
5	7.5	7							0.75					
6	9	8.5							1					
8	11	10.5									10	1		
10	13.5	12.8	1							1.6			1.6	
12	15.5	14.8	1.5							1.7			1.7	12
14	18.5	17.7							1.5	2.1	8		2.3	
16	20.5	19.7												10
18	23.5	22.8	2							2.8	5		3.1	
20	26.5	25.8							2	3.2			3.8	
22	29	28.2								3.5		1.5		8
25	32	31.2	2.3											
28	35	34.2								3.6	3.5		3.9	
32	39	38.3	2.8											5
34	41	40.3												

注：1. 图a、b和表中规定的型式尺寸适用于GB/T 5625～5653—2008各种扩口式管接头。
2. 纯铜管的尺寸和公差应符合GB/T 1527—2006《铜及铜合金拉制管》和GB/T 1528—1997《铜及铜合金挤制铜管》的规定，碳钢管的尺寸和公差应符合GB/T 8163—2008《输送流体用无缝钢管》的规定。
3. 用户在选用管道壁厚时，应考虑工作压力和接头体的连接螺纹长度。
4. 表中的管壁尺寸是与图a、b规定的扩口尺寸相配的最大推荐壁厚尺寸。
5. 扩口内表面轴线相对于管道外径轴线的圆跳动公差为0.38mm(指示计读数)，参见图c所示。
6. 扩口边缘处应去毛刺，锐边应倒钝。
7. 扩口内表面以及内表面与管道内径交接处应无裂纹、金属折叠、凹痕、刮伤等任何影响密封性能的表面缺陷。

表 22.9-64　液压元件螺纹连接油口形式和尺寸（摘自 GB/T 2878—1993）　　（mm）



<table>
<tr><th rowspan="2">d</th><th rowspan="2">J
（最小）</th><th colspan="2">K</th><th rowspan="2">O
测量
直径</th><th rowspan="2">P
参考</th><th rowspan="2">S
（最大）</th><th colspan="2">U</th><th rowspan="2">Y
（最小）</th><th colspan="2">Z/(°)</th></tr>
<tr><th>基本
尺寸</th><th>极限
偏差</th><th>基本
直径</th><th>极限
偏差</th><th>基本
尺寸</th><th>极限
偏差</th></tr>
<tr><td>M5×0.8</td><td>8</td><td rowspan="3">1.6</td><td rowspan="13">+0.4
0</td><td>8.0</td><td>9.5</td><td rowspan="3">1.0</td><td>6.35</td><td rowspan="13">+0.1
0</td><td>14.0</td><td rowspan="3">12</td><td rowspan="13">±1</td></tr>
<tr><td>M8×1</td><td rowspan="2">10</td><td>11.0</td><td rowspan="2">11.5</td><td>9.1</td><td>17.0</td></tr>
<tr><td>M10×1</td><td>13.0</td><td>11.1</td><td>20.0</td></tr>
<tr><td>M12×1.5</td><td rowspan="2">11.5</td><td rowspan="5">2.4</td><td>16.0</td><td rowspan="2">14.0</td><td rowspan="3">1.5</td><td>13.8</td><td>22.0</td><td rowspan="10">15</td></tr>
<tr><td>M14×1.5</td><td>18.0</td><td>15.8</td><td>25.0</td></tr>
<tr><td>M16×1.5</td><td>13</td><td>20.0</td><td>15.3</td><td>17.8</td><td>27.0</td></tr>
<tr><td>M18×1.5</td><td>14.5</td><td>22.0</td><td>16.5</td><td rowspan="3">2.0</td><td>19.8</td><td>29.0</td></tr>
<tr><td>M22×1.5</td><td>15.5</td><td>26.0</td><td>18.0</td><td>23.8</td><td>34.0</td></tr>
<tr><td>M27×2</td><td rowspan="2">19</td><td rowspan="5">3.1</td><td>32.0</td><td rowspan="2">22.0</td><td>29.4</td><td>40.0</td></tr>
<tr><td>M33×2</td><td>38.0</td><td rowspan="4">2.5</td><td>35.4</td><td>46.0</td></tr>
<tr><td>M42×2</td><td>19.5</td><td>47.0</td><td>22.5</td><td>44.4</td><td>56.0</td></tr>
<tr><td>M50×2(M48×2)</td><td>21.5</td><td>55.0</td><td>24.5</td><td>52.4</td><td>66.0</td></tr>
<tr><td>M60×2</td><td>24.5</td><td>65.0</td><td>27.5</td><td>62.4</td><td>76.0</td></tr>
</table>

注：1. 图示为 A 型油口型式，B 型油口型式（非优先选用）与 A 型的不同之处是斜面 Z 为 1×45°倒角。

2. 锥形直径 U 表面应避免纵向和螺旋状的加工纹路，表面粗糙度 $R_a<0.6\mu m$ 的环形划痕是允许的。

3. 若油口表面是一个加工表面，则无 r 和 S 尺寸。

4. 表中给出的丝锥孔深度 P 适用于平底丝锥，以便保证完整的螺纹长度。当使用标准丝锥时，需相应增大 P。

5. 当设计新产品时，不推荐使用括号内的螺纹尺寸。

按 GB/T2878—1993 中 A 型油口型式制造的油　　口，可参照表22.9-65 选取O形密封圈。

表 22.9-65　符合 GB/T 2878—1993 中 A 型油口的 O 形密封圈规格　　(mm)

D	O形橡胶密封圈型号	标准编号	*D*	O形橡胶密封圈型号	标准编号	*D*	O形橡胶密封圈型号	标准编号
M5×0.8	18 000 315	GB/T 3452.1—2005	M16×1.5	26 501 320	GB/T 3452.1—2005	M33×2	35 502 800	GB/T 3452.1—2005
M8×1	18 000 600		M18×1.5	26 501 500		M42×2	35 503 750	
M10×1	18 000 800		M20×1.5	26 501 700		M50×2	35 504 620	
M12×1.5	26 500 900		M22×1.5	26 501 900		M60×2	35 505 600	
M14×1.5	26 501 120		M27×2	35 502 240				

4.6　承插焊管件(见表22.9-66～表22.9-69)

根据 GB/T 14383—2008 锻钢制承插焊管件。表22.9-66 给出了管件的品种与代号。

承插焊管件的级别(Class)分为：3000、6000 和9000，螺纹管件的级别分为：2000、3000 和 6000；与之相适配的管子壁厚等级见表22.9-67。

表 22.9-66　管件的品种与代号

连接型式	品　　种	代号	连接型式	品　　种	代号
承插焊	承插焊45°弯头	S45E	螺纹	螺纹45°弯头	T45E
	承插焊90°弯头	S90E		螺纹90°弯头	T90E
	承插焊三通	ST		内外螺纹90°弯头	T90SE
	承插焊45°三通	S45T		螺纹三通	TT
	承插焊四通	SCR		螺纹四通	TCR
	双承口管箍(同心)	SFC		双螺口管箍(同心)	TFC
	双承口管箍(偏心)	SFCR		双螺口管箍(偏心)	TFCR
	单承口管箍	SHC		单螺口管箍	THC
	单承口管箍(带斜角)[a]	SHCB		单螺口管箍(带斜角)[a]	THCB
	承插焊管帽	SC		螺纹管帽	TC
	—	—		四方头管塞	SHP
	—	—		六角头管塞	HHP
	—	—		圆头管塞	RHP
	—	—		六角头内外螺纹接头	HHB
	—	—		无头内外螺纹接头	FB

注：[a]当要求与主管焊接相连的端部加工成带45°斜角的形状时，在代号后面加“B”；即一端斜角的单承口管箍的代号为：SHCB，一端带斜角的单螺口管箍的代号为：THCB。

表 22.9-67　管件级别和与之相适配的管子壁厚等级的关系

连接型式	级别代号	适配的管子壁厚等级	连接型式	级别代号	适配的管子壁厚等级
承插焊	3000	Sch80、XS	螺纹	2000	Sch80、XS
	6000	Sch160		3000	Sch160
	9000	XXS		6000	XXS

注：本表并未限制与管件连接时使用更厚或更薄的管子。实际使用的管子可以比表中所示的更厚或更薄。当使用更厚的管子时，管件的强度决定承压能力；当使用更薄的管子时，管子的强度决定承压能力。

表 22.9-68　承插焊管件——45°弯头、90°弯头、三通和四通　（mm）

45°弯头　90°弯头　三通　四通

公称尺寸		承插孔径 B^a	流通孔径 D^a			承插孔壁厚 C^b						本体壁厚 G_{min}			承插孔深度 J_{min}	中心至承插孔底 A					
						3000		6000		9000						90°弯头、三通、四通			45°弯头		
DN	NPS		3000	6000	9000	ave	min	ave	min	ave	min	3000	6000	9000		3000	6000	9000	3000	6000	9000
6	1/8	10.9	6.1	3.2	—	3.18	3.18	3.96	3.43	—	—	2.41	3.15	—	9.5	11.0	11.0	—	8.0	8.0	—
8	1/4	14.3	8.5	5.6	—	3.78	3.30	4.60	4.01	—	—	3.02	3.68	—	9.5	11.0	13.5	—	8.0	8.0	—
10	3/8	17.7	11.8	8.4	—	4.01	3.50	5.03	4.37	—	—	3.20	4.01	—	9.5	13.5	15.5	—	8.0	11.0	—
15	1/2	21.9	15.0	11.0	5.6	4.67	4.09	5.97	5.18	9.53	8.18	3.73	4.78	7.47	9.5	15.5	19.0	25.5	11.0	12.5	15.5
20	3/4	27.3	20.2	14.8	10.3	4.90	4.27	6.96	6.04	9.78	8.56	3.91	5.56	7.82	12.5	19.0	22.5	28.5	13.0	14.0	19.0
25	1	34.0	25.9	19.9	14.4	5.69	4.98	7.92	6.93	11.38	9.96	4.55	6.35	9.09	12.5	22.5	27.0	32.0	14.0	17.5	20.5
32	$1^1/4$	42.8	34.3	28.7	22.0	6.07	5.28	7.92	6.93	12.14	10.62	4.85	6.35	9.70	12.5	27.0	32.0	35.0	17.5	20.5	22.5
40	$1^1/2$	48.9	40.1	33.2	27.2	6.35	5.54	8.92	7.80	12.70	11.12	5.08	7.14	10.15	12.5	32.0	38.0	38.0	20.5	25.5	25.5
50	2	61.2	51.7	42.1	37.4	6.93	6.04	10.92	9.50	13.84	12.12	5.54	8.74	11.07	16.0	38.0	41.0	54.0	25.5	28.5	28.5
65	$2^1/2$	73.9	61.2	—	—	8.76	7.62	—	—	—	—	7.01	—	—	16.0	41.0	—	—	28.5	—	—
80	3	89.9	76.4	—	—	9.52	8.30	—	—	—	—	7.62	—	—	16.0	57.0	—	—	32.0	—	—
100	4	115.5	100.7	—	—	10.69	9.35	—	—	—	—	8.56	—	—	19.0	66.5	—	—	41.0	—	—

注：1. [a] 当选用Ⅱ系列的管子时，其承插孔径和流通孔径应按Ⅱ系列管子尺寸配制，其余尺寸应符合 GB/T 14383—2008 规定。

2. [b] 沿承插孔周边的平均壁厚不应小于平均值，局部允许达到最小值。

表 22.9-69　承插焊管件——双承口管箍、单承口管箍、管帽和 45°三通尺寸　（mm）

双承口管箍　单承口管箍　管帽　45°三通

（续）

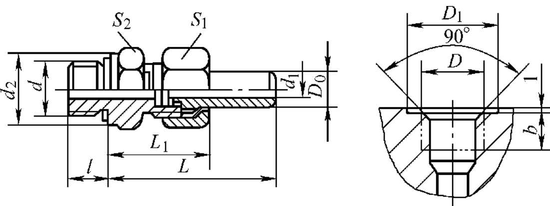
公称尺寸		承插孔径 B^a	流通孔径 D^a			承插孔壁厚 C^b						本体壁厚 G_{min}			承插孔深度 J_{min}	承插孔底距离 E	承插孔底至端面	顶部厚度 K_{min}			中心至承插孔底			
DN	NPS		3000	6000	9000	3000		6000		9000		3000	6000	9000				3000	6000	9000	A		H	
						ave	min	ave	min	ave	min										3000	6000	3000	6000
6	1/8	10.9	6.1	3.2	—	3.18	3.18	3.96	3.43	—	—	2.41	3.15	—	9.5	6.5	16.0	4.8	6.4	—	—	—	—	—
8	1/4	14.3	8.5	5.6	—	3.78	3.30	4.60	4.01	—	—	3.02	3.68	—	9.5	6.5	16.0	4.8	6.4	—	—	—	—	—
10	3/8	17.7	11.8	8.4	—	4.01	3.50	5.03	4.37	—	—	3.20	4.01	—	9.5	6.5	17.5	4.8	6.4	—	37	—	9.5	—
15	1/2	21.9	15.0	11.0	5.6	4.67	4.09	5.97	5.18	9.53	8.18	3.73	4.78	7.47	9.5	9.5	22.5	6.4	7.9	11.2	41	51	9.5	11
20	3/4	27.3	20.2	14.8	10.3	4.90	4.27	6.96	6.04	9.78	8.56	3.91	5.56	7.82	12.5	9.5	24.0	6.4	7.9	12.7	51	60	11	13
25	1	34.0	25.9	19.9	14.4	5.69	4.98	7.92	6.93	11.38	9.96	4.55	6.35	9.09	12.5	12.5	28.5	9.6	11.2	14.2	60	71	13	16
32	$1^1/4$	42.8	34.3	28.7	22.0	6.07	5.28	7.92	6.93	12.14	10.62	4.85	6.35	9.70	12.5	12.5	30.0	9.6	11.2	14.2	71	81	16	17
40	$1^1/2$	48.9	40.1	33.2	27.2	6.35	5.54	8.92	7.80	12.70	11.12	5.08	7.14	10.15	12.5	12.5	32.0	11.2	12.7	15.7	81	98	17	21
50	2	61.2	51.7	42.1	37.4	6.93	6.04	10.92	9.50	13.84	12.12	5.54	8.74	11.07	16.0	19.0	41.0	12.7	15.7	19.0	98	151	21	30
65	$2^1/2$	73.9	61.2	—	—	8.76	7.62	—	—	—	—	7.01	—	—	16.0	19.0	43.0	15.7	19.0	—	151	—	30	—
80	3	89.9	76.4	—	—	9.52	8.30	—	—	—	—	7.62	—	—	16.0	19.0	44.5	19.0	22.4	—	184	—	57	—
100	4	115.5	100.7	—	—	10.69	9.35	—	—	—	—	8.56	—	—	19.0	19.0	48.0	22.4	28.4	—	201	—	66	—

注：1. [a] 当选用Ⅱ系列的管子时，其承插孔径和流通孔径应按Ⅱ系列管子尺寸配制，其余尺寸应符合 GB/T 14383—2008 规定。

2. [b] 沿承插孔周边的平均壁厚不应小于平均值，局部允许达到最小值。

4.7　锥密封焊接式管接头（见表 22.9-70 ~ 表 22.9-83）

表 22.9-70　锥密封焊接式直通管接头（摘自 JB/T 6381.1—2007）　（mm）



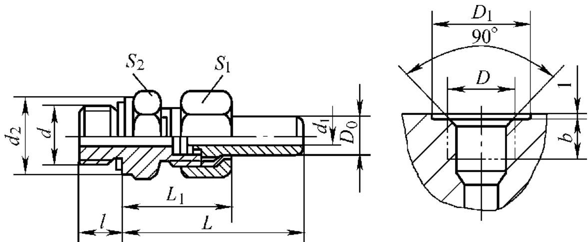
标记示例：

管道外径 D_0 为 20mm 的锥密封焊接式直通管接头：

管接头 20JB/T 6381.1—2007

管道外径 D_0	$d(D)$	d_1	d_2	l	L_1	L	S_1	S_2	密封圈		重量 /kg	螺孔	
									垫圈	O 形密封圈		D_1	b
8	M12×1.5	4	18	12	28	48	21	18	12	7.5×1.8G	0.11	19	15
10	M14×1.5	6	21	12	29	49	24	21	14	9×1.8G	0.13	22	15
12	M16×1.5	7	24	12	30	51	24	24	16	11.2×1.8G	0.15	25	15
14	M18×1.5	8	27	14	36	59	27	27	18	11.8×2.65G	0.18	28	17
16	M22×1.5	10	30	14	39	62	30	30	22	14×2.65G	0.24	31	17
20	M27×2	13	36	16	43	68	36	36	27	18×2.65G	0.47	37	19
25	M33×2	17	41	18	48	78	46	46	33	23.6×2.65G	0.95	47	21
30	M42×2	20	55	20	52	83	50	55	42	28×2.65G	1.18	56	23
38	M48×2	26	60	22	56	92	60	60	48	36.5×2.65G	1.26	61	25

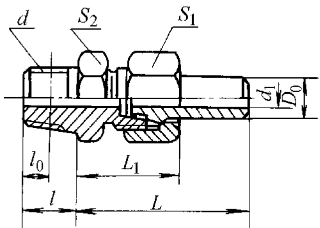
表 22.9-71 锥密封焊接式直通55°非密封管螺纹管接头(摘自 JB/T 6381.2—2007) (mm)



标记示例：管接头 20JB/T 6381.2—2007

管道外径 D_0	$d(D)$	d_1	d_2	l	L_1	L	S_1	S_2	O形密封圈 GB/T 3452.1—2005		重量 /kg	螺孔	
									端面	锥面		D_1	b
10	G¼A	6	24	12	29	49	24	24	16×2.65G	9×1.8G	0.13	25	15
12	G⅜A	7	27	12	30	51	24	27	18×2.65G	11.2×1.8G	0.16	28	15
14	G⅜A	8	27	14	36	59	27	27	18×2.65G	11.8×2.65G	0.18	28	17
16	G½A	10	34	14	39	62	30	34	23.6×2.65G	14×2.65G	0.24	35	17
20	G¾A	13	41	16	43	68	36	41	30×2.65G	18×2.65G	0.47	42	19
25	G1A	17	46	18	48	78	46	46	34.5×2.65G	23.6×2.65G	0.95	47	21
30	G1¼A	20	55	20	52	83	50	55	43.7×2.65G	28×2.65G	1.18	56	23
38	G1½A	26	60	22	56	92	60	60	50×2.65G	36.5×2.65G	1.26	61	25

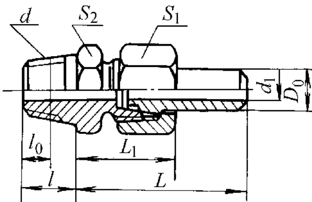
表 22.9-72 锥密封焊接式直通55°密封管螺纹管接头(摘自 JB/T 6381.3—2007) (mm)



标记示例：
管道外径 D_0 为20mm 的锥密封焊接式直通55°密封管螺纹管接头：
管接头 20JB/T 6381.3—2007

管道外径 D_0	d	l_0	l	d_1	L_1	L	S_1	S_2	O形密封圈	重量 /kg
8	R⅛	4	14	4	27	47	21	18	7.5×1.8	0.1
10	R¼	6	18	6	28	48	24	21	9×1.8	0.11
12	R⅜	6.4	22	7	29	50	24	24	11.2×1.8	0.15
14	R⅜	6.4	22	8	35	58	27	24	11.8×2.65	0.22
16	R½	8.2	25	10	37	60	30	27	14×2.65	0.22
20	R¾	9.5	28	13	41	66	36	34	18×2.65	0.45
25	R1	10.4	32	17	46	76	46	41	23.6×2.65	0.91
30	R1¼	12.7	35	20	50	81	50	46	28×2.65	1.15
38	R1½	12.7	38	26	54	90	60	55	36.5×2.65	1.51

表22.9-73　锥密封焊接式直通60°密封锥螺纹管接头（摘自JB/T 6381.4—2007）　（mm）

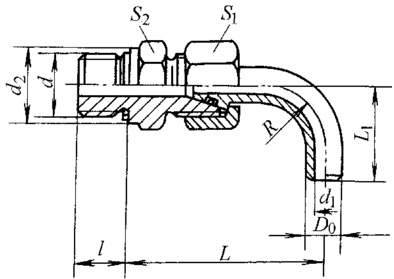


标记示例：

管接头20JB/T 6381.4—2007

管道外径 D_0	d	d_1	l_0	l	L_1	L	S_1	S_2	O形密封圈	重量 /kg
8	Z1/8	4	4.57	9	27	47	21	18	7.5×1.8	0.1
10	Z1/4	6	5.08	14	28	48	24	21	9×1.8	0.11
12	Z3/8	7	6.09	14	29	50	24	24	11.2×1.8	0.15
14	Z3/8	8	6.09	14	35	58	27	24	11.8×2.65	0.18
16	Z1/2	10	8.12	19	37	60	30	27	14×2.65	0.22
20	Z3/4	13	8.61	19	41	66	36	34	18×2.65	0.45
25	Z1	17	10.16	24	46	76	46	41	23.6×2.65	0.91
30	Z1 1/4	20	10.66	24	50	81	50	46	28×2.65	1.15
38	Z1 1/2	26	10.66	26	54	90	60	55	36.5×2.65	1.51

表22.9-74　锥密封焊接式90°弯管接头（摘自JB/T 6382.1—2007）　（mm）

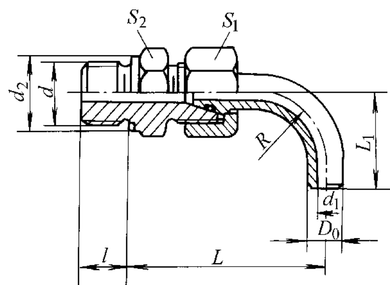


标记示例：

管接头20JB/T 6382.1—2007

管道外径 D_0	d	d_1	d_2	l	L	L_1	S_1	S_2	R	密封圈		重量 /kg
										垫圈	O形密封圈	
8	M12×1.5	4	18	12	68	56	21	18	20	12	7.5×1.8	0.12
10	M14×1.5	6	21	12	72	56	24	21	20	14	9×1.8	0.13
12	M16×1.5	7	24	12	81	58	24	24	24	16	11.2×1.8	0.16
14	M18×1.5	8	27	14	83	58	27	27	28	18	11.8×2.65	0.2
16	M22×1.5	10	30	14	90	60	30	30	32	22	14×2.65	0.26
20	M27×2	13	36	16	112	70	36	36	45	27	18×2.65	0.6
25	M33×2	17	41	18	118	110	46	46	58	33	23.6×2.65	0.84
30	M42×2	20	55	20	152	130	50	55	72	42	28×2.65	1.32
38	M48×2	26	60	22	182	140	60	60	90	48	36.5×2.65	1.85

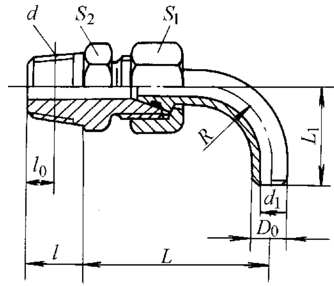
表 22.9-75　锥密封焊接式 55°非密封管螺纹 90°弯管接头(摘自 JB/T 6382.2—2007)　(mm)



标记示例：
管接头 20JB/T 6382.2—2007

管道外径 D_0	d	d_1	d_2	l	L_1	L	S_1	S_2	R	O 形密封圈		重量 /kg
										端面	锥面	
10	G¼	6	24	12	56	72	24	24	20	16×2.65	9×1.8	0.13
12	G⅜	7	27	12	58	81	24	27	24	18×2.65	11.2×1.8	0.16
14	G⅜	8	27	14	58	83	27	27	28	18×2.65	11.8×2.65	0.2
16	G½	10	34	14	60	90	30	34	32	23.6×2.65	14×2.65	0.26
20	G¾	13	41	16	70	112	36	41	45	30×2.65	18×2.65	0.6
25	G1	17	46	18	110	118	46	46	58	34.5×2.65	23.6×2.65	0.84
30	G1¼	20	55	20	130	152	50	55	72	43.7×2.65	28×2.65	1.32
38	G1½	26	60	22	140	182	60	60	90	50×2.65	36.5×2.65	1.85

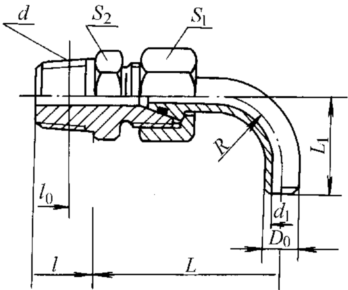
表 22.9-76　锥密封焊接式 55°密封管螺纹 90°弯管接头(摘自 JB/T 6382.3—2007)　(mm)



标记示例：
管接头 20JB/T 6382.3—2007

管道外径 D_0	d	d_1	l_0	l	L	L_1	S_1	S_2	R	O 形密封圈	重量 /kg
8	R⅛	4	4	14	67	56	21	18	20	7.5×1.8	0.12
10	R¼	6	6	18	71	56	24	21	20	9×1.8	0.13
12	R⅜	7	6.4	22	80	58	24	24	24	11.2×1.8	0.16
14	R⅜	8	6.4	22	82	58	27	24	28	11.8×2.65	0.19
16	R½	10	8.2	25	89	60	30	27	32	14×2.65	0.24
20	R¾	13	9.5	28	110	70	36	34	45	18×2.65	0.58
25	R1	17	10.4	32	116	110	46	41	58	23.6×2.65	1.09
30	R1¼	20	12.7	35	150	130	50	46	72	28×2.65	1.32
38	R1½	26	12.7	38	180	140	60	55	90	36.5×2.65	1.78

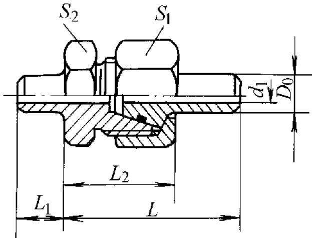
表 22.9-77　锥密封焊接式 60°密封管螺纹 90°弯管接头(摘自 JB/T 6382.4—2007)　　(mm)



标记示例：
管接头 20JB/T 6382.4—2007

管道外径 D_0	d	d_1	l_0	l	L_1	L	S_1	S_2	R	O 形密封圈	重量 /kg
8	NPT1/8	4	4.57	9	56	67	21	18	20	7.5×1.8	0.12
10	NPT1/4	6	5.08	14	56	71	24	21	20	9×1.8	0.13
12	NPT3/8	7	6.09	14	58	80	24	24	24	11.2×1.8	0.16
14	NPT3/8	8	6.09	14	58	82	27	24	28	11.8×2.65	0.19
16	NPT1/2	10	8.12	19	60	89	30	27	32	14×2.65	0.25
20	NPT3/4	13	8.61	19	70	110	36	34	45	18×2.65	0.58
25	NPT1	17	10.16	24	110	116	46	41	58	23.6×2.65	1.09
30	NPT1 1/4	20	10.66	24	130	150	50	46	72	28×2.65	1.32
38	NPT1 1/2	26	10.66	26	140	180	60	55	90	36.5×2.65	1.78

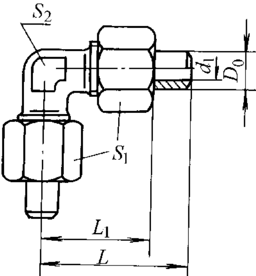
表 22.9-78　锥密封两端焊接式直通管接头(摘自 JB/T 6383.1—2007)　　(mm)



标记示例：
管接头 20JB/T 6383.1—2007

管道外径 D_0	d_1	L_1	L_2	L	S_1	S_2	O 形密封圈	重量 /kg
8	4	12	27	47	21	18	7.5×1.8	0.09
10	6	14	28	48	24	21	9×1.8	0.11
12	7	14	29	50	24	24	11.2×1.8	0.15
14	8	14	35	58	27	24	11.8×2.65	0.18
16	10	19	37	60	30	27	14×2.65	0.23
20	13	19	41	66	36	34	18×2.65	0.42
25	17	24	46	76	46	41	23.6×2.65	0.89
30	20	24	50	81	50	46	28×2.65	1.09
38	26	26	54	90	60	55	36.5×2.65	1.42

表 22.9-79　锥密封焊接式直角管接头(摘自 JB/T 6383.2—2007)　　(mm)

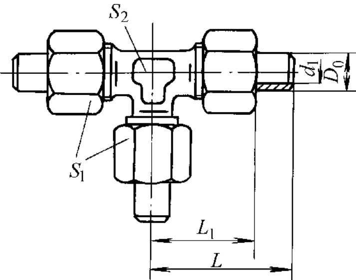


标记示例：

管接头 20JB/T 6383.2—2007

管道外径 D_0	d_1	L_1	L	S_1	S_2	O 形密封圈	重量/kg
9	4	34	54	21	16	7.5×0.16	0.16
10	6	40	60	24	16	9×1.8	0.19
12	7	41	62	24	18	11.2×1.8	0.22
14	8	45	68	27	21	11.8×2.65	0.24
16	10	47	70	30	24	14×2.65	0.34
20	13	55	80	36	27	18×2.65	0.59
25	17	62	92	46	34	23.6×2.65	1.05
30	20	68	99	50	36	28×2.65	1.3
38	26	74	110	60	46	36.5×2.65	1.82

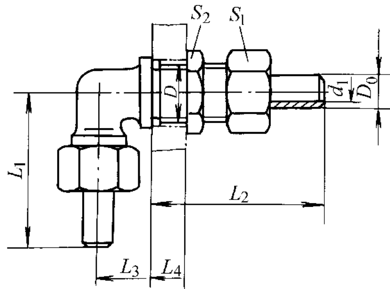
表 22.9-80　锥密封焊接式三通管接头(摘自 JB/T 6383.3—2007)　　(mm)



标记示例：管接头 20JB/T 6383.3—2007

管道外径 D_0	d_1	L_1	L	S_1	S_2	O 形密封圈	重量/kg
9	4	34	54	21	16	7.5×0.16	0.23
10	6	40	60	24	16	9×1.8	0.29
12	7	41	62	24	18	11.2×1.8	0.32
14	8	45	68	27	21	11.8×2.65	0.36
16	10	47	70	30	24	14×2.65	0.49
20	13	55	80	36	27	18×2.65	0.82
25	17	62	92	46	34	23.6×2.65	1.51
30	20	68	99	50	36	28×2.65	1.82
38	26	74	110	60	46	36.5×2.65	2.66

表 22.9-81 锥密封焊接式隔壁直角管接头(摘自 JB/T 6384.1—2007) (mm)

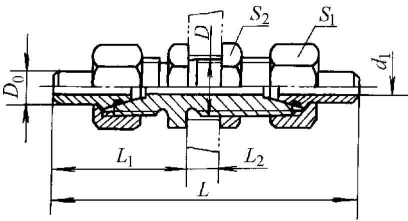


标记示例:

管接头 20JB/T 6384.1—2007

管道外径 D_0	d_1	L_1	L_2	L_3	L_4	D	S_1	S_2	O形密封圈	重量/kg
8	4	54	70	17	≈20	17	21	24	7.5×1.8	0.28
10	6	60	72	19	≈20	19	24	27	9×1.8	0.3
12	7	62	75	19	≈20	21	24	30	11.2×1.8	0.37
14	8	68	84	22	≈22	23	27	30	11.8×2.65	0.53
16	10	70	85	23	≈22	25	30	36	14×2.65	0.53
20	13	80	91	27	≈22	31	36	41	18×2.68	0.5
25	17	92	100	31	≈22	37	46	50	23.6×2.65	1.38
30	20	99	107	39	≈22	43	50	55	28×2.65	1.86
38	26	110	116	43	≈22	53	60	65	36.5×2.65	2.67

表 22.9-82 锥密封焊接式隔壁直通管接头(摘自 JB/T 6384.2—2007) (mm)



标记示例:

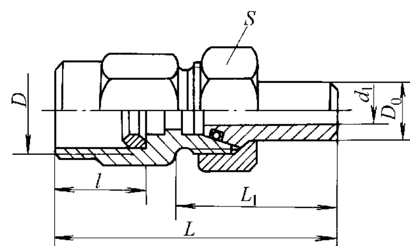
管接头 20JB/T 6384.2—2007

管道外径 D_0	d_1	L_1	L_2	L	D	S_1	S_2	O形密封圈	重量/kg
8	4	47	≈20	117	17	21	24	7.5×1.8	0.27
10	6	48	≈20	120	19	24	27	9×1.8	0.31
12	7	50	≈20	125	21	24	30	11.2×1.8	0.26
14	8	58	≈22	142	23	27	30	11.8×2.65	0.44
16	10	60	≈22	145	25	30	36	14×2.65	0.62

（续）

管道外径 D_0	d_1	L_1	L_2	L	D	S_1	S_2	O 形密封圈	重量/kg
20	13	66	≈22	157	31	36	41	18×2.65	0.85
25	17	76	≈22	176	37	46	50	23.6×2.65	1.33
30	20	81	≈22	188	43	60	55	28×2.65	1.75
38	26	90	≈22	206	63	60	65	36.5×2.63	2.35

表 22.9-83　锥密封焊接式压力表管接头（摘自 JB/T 6385—2007）　（mm）



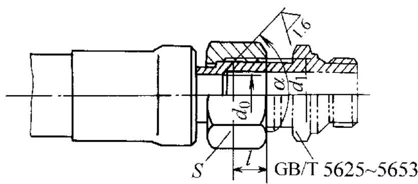
标记示例：

管接头 12-M20×1.5 JB/T6385—2007

管道外径 D_0	D	d_1	l	L_1	L	S	O 形密封圈	重量/kg
8	M10×1	4	12	40	62	21	7.5×1.8	0.1
8	M14×1.5	4	20	40	70	21	7.5×1.8	0.12
12	M20×1.5	7	26	42	80	24	11.2×1.8	0.14

4.8　液压软管接头（见表 22.9-84 ~ 表 22.9-91）

表 22.9-84　扩口式液压软管接头连接尺寸（摘自 GB/T 9065.1—1988）　（mm）



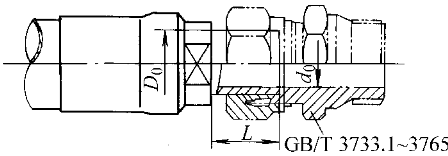
软管内径	d_0（参数）	d_1	l	S	α	扩口式管接头 d_0
5	3.5	M12×1.5	8	16	74°±0.5°	4
6.3	4	M14×1.5	9	18		6
8	6	M16×1.5	10	21		8
10	7.5	M18×1.5		24		
12.5	10	M22×1.5	11	27		12
16	13	M27×1.5		32		
19	15	M33×2	14	41		19

（续）

软管内径	d_0（参数）	d_1	l	S	α	扩口式管接头 d_0
22	18.5	M36×2	14	41	74°±0.5°	
25	21	M39×2		46		24
31.5	27	M45×2	15	55		30

注：按 GB/T 3683.1—2006 的规定确定软管总成的工作压力。

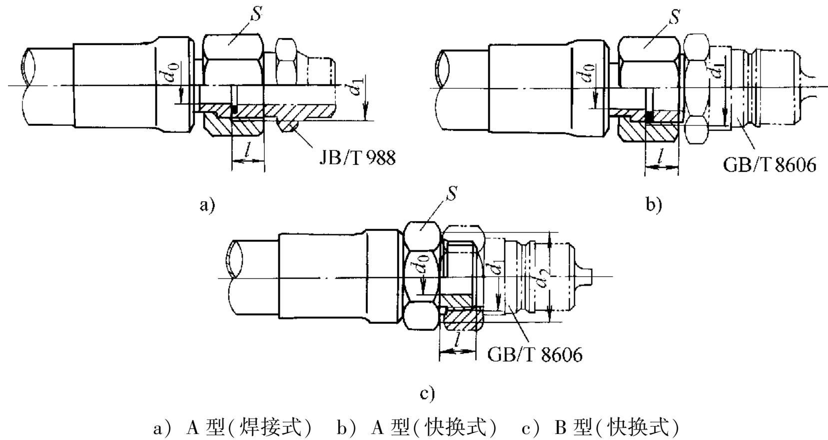
表 22.9-85　卡套式液压软管接头连接尺寸（摘自 GB/T 9065.2—1988）　　（mm）



软管内径	d_0（参数）	D_0 公称尺寸	D_0 极限偏差	L_{min}	卡套式管接头 d_0
5	3.5	6	±0.060	28	4
6.3	4	8	±0.075		6
8	6	10		30	8
10	7.5	12	±0.090		10
12.5	10	14		32	12
16	13	18		31	5
19	15	22	±0.105	36	19
22	18.5	25		38	22
25	21	28		38	24
31.5	27	34	±0.125	41	30
38	33	42		42	36

注：按 GB/T 3683.1—2006 的规定确定软管总成的工作压力。

表 22.9-86　焊接式或快换式液压软管接头连接尺寸（摘自 GB/T 9065.3—1988）　　（mm）



a） A 型（焊接式）　b） A 型（快换式）　c） B 型（快换式）

（续）

A 型连接尺寸表

<table>
<tr><th>软管内径</th><th>d_0(参考)</th><th>d_1</th><th>l</th><th>S</th><th>焊接式管接头
d_0</th><th>快换接头
公称通径</th></tr>
<tr><td>5</td><td>3.5</td><td>M12×1.25</td><td>8</td><td>16</td><td>3</td><td></td></tr>
<tr><td>6.3</td><td>4</td><td>M14×1.5</td><td rowspan="3">8.5</td><td>18</td><td></td><td>6.3</td></tr>
<tr><td>8</td><td>6</td><td>M16×1.5</td><td>21</td><td>6</td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td>7.5</td><td>M18×1.5</td><td>24</td><td></td><td>10</td></tr>
<tr><td rowspan="2">12.5</td><td rowspan="2">10</td><td>M22×1.5</td><td rowspan="3">10</td><td>27</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>M27×1.5①</td><td rowspan="2">34</td><td></td><td>12.5</td></tr>
<tr><td>16</td><td>13</td><td>M27×1.5</td><td>12</td><td></td></tr>
<tr><td>19</td><td>15</td><td>M30×1.5</td><td>11</td><td>36</td><td>15</td><td>20</td></tr>
<tr><td>22</td><td>18.5</td><td>M36×2</td><td rowspan="2">13</td><td>41</td><td>20</td><td></td></tr>
<tr><td>25</td><td>21</td><td>M39×2</td><td>46</td><td></td><td>2.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">31.5</td><td rowspan="2">27</td><td>M42×2</td><td rowspan="2">15</td><td>50</td><td>25</td><td></td></tr>
<tr><td>M52×2①</td><td rowspan="2">60</td><td></td><td>31.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">38</td><td rowspan="2">33</td><td>M52×2</td><td rowspan="2">17</td><td>32</td><td></td></tr>
<tr><td>M60×2①</td><td>70</td><td rowspan="2"></td><td>40</td></tr>
<tr><td>51</td><td>45</td><td>M60×2②</td><td>23</td><td>75</td><td></td></tr>
</table>

B 型连接尺寸表

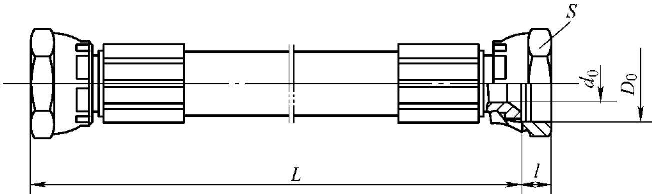
软管内径	d_0(参考)	d_1	d_2	l	S	快换接头 公称通径
6.3	4	M12×1.5	18	10	18	6.3
10	7.5	M18×1.5	24	12	24	10
12.5	10	M22×1.5	30	14	30	12.5
19	15	M27×2	34	17	34	20
25	21	M33×2	41	17	41	25
31.5	27	M42×2	50	17.5	50	31.5
38	33	M50×2	60	19.5	60	40
51	45	M60×2	70	23	70	50

注：按 GB/T 3683.1—2006 的规定确定软管总成的工作压力。

① 为与液压快换接头连接使用的螺纹尺寸。

② 为焊接式管接头标准中所缺少的螺纹，由使用者自行配制或协商定货。

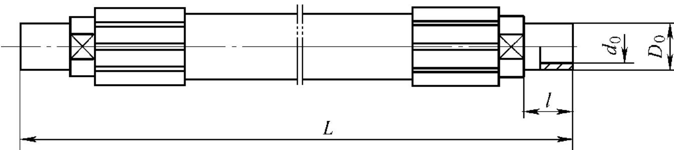
表 22.9-87　扩口式液压软管总成基本参数与连接尺寸(摘自 JB/T 8727—2004)　　(mm)



（续）

软管内径	d_0（参考）	钢丝编织软管总成最高工作压力/MPa		钢丝缠绕软管总成最高工作压力/MPa						D_0	L（参考）	S
		1型 1T型	2、3型 2T、3T型	1型	2型	3型	4型	5型	6型			
5	3.5	21.0	35.0	—	—	69.0	86.0	—	—	M12×1.5	10	14
6.3	4.0	20.0	35.0	—	42.0	60.5	77.5	—	—	M14×1.5		17
8	6.0	17.5	32.0	36.0	—	56.0	71.5	—	—	M16×1.5		19
10	7.5	16.0	28.0	31.0	38.0	51.5	69.0	—	27.6	M18×1.5		22
12.5	10.0	14.0	25.0	27.5	34.5	43.0	51.5	55.0	27.6	M22×1.5		27
16	13.0	10.5	20.0	22.5	27.5	38.0	48.0	—	—	M27×1.5	11	32
19	15.0	9.0	16.0	20.5	34.5	34.5	43.0	42.0	27.6	M30×1.5	11	36
										M33×2	13	41
22	18.5	8.0	14.0	—	—	—	—	—	—	M36×2	14	41
26	21.0	7.0	14.0	20.5	27.5	27.5	34.5	38.0	27.6	M39×2		46
31.5	27.0	4.4	11.0	17.0	—	20.5	24.0	32.5	20.7	M42×2	15	50
										M45×2		55

表 22.9-88 卡套式液压软管总成基本参数与连接尺寸（摘自 JB/T 8727—2004） （mm）



软管内径	d_0（参考）	钢丝编织软管总成最高工作压力/MPa		钢丝缠绕软管总成最高工作压力/MPa						D_0			l	
		1型 1T型	2、3型 2T、3T型	1型	2型	3型	4型	5型	6型	公称尺寸 轻系列	公称尺寸 重系列	极限偏差	轻系列	重系列
5	3.5	21.0	35.0	—	—	69.0	86.0	—	—	6	6	±0.060	22	22
6.3	4.0	20.0	35.0	—	42.0	60.5	77.5	—	—	8	8	±0.075	24	24
											10			26
8	6.0	17.5	32.0	36.0	—	56.0	71.5	—	—	10	12	±0.075	23	26
10	7.5	16.0	28.0	31.0	38.0	51.5	69.0	—	27.6	12	14	±0.090	23	29
12.5	10.0	14.0	25.0	27.5	34.5	43.0	51.5	55.0	27.6	15	16	±0.090	25	30
16	13.0	10.5	20.0	22.5	27.5	38.0	48.0	—	—	18	20	±0.090	26	36
19	15.0	9.0	16.0	20.5	34.5	34.5	43.0	42.0	27.6	22	25	±0.105	28	40
22	18.5	8.0	14.0	—	—	—	—	—	—	28	30	±0.105	30	44
25	21.0	7.0	14.0	20.5	27.5	27.5	34.5	38.0	27.6	28	30	±0.105	30	44
31.5	27.0	4.4	11.0	17.0	—	20.5	24.0	32.5	20.7	35	38	±0.125	36	50
38	33.0	3.5	9.0	14.0	—	17.0	20.5	29.0	17.2	42	—	±0.125	40	—

表 22.9-89　焊接式或快换式液压软管总成基本参数与连接尺寸(摘自 JB/T 8727—2004)(mm)

软管内径	d_0(参考)	钢丝编织软管总成最高工作压力/MPa		钢丝缠绕软管总成最高工作压力/MPa						D_0	l(参考)	S
		1 型 1T 型	2、3 型 2T、3T 型	1 型	2 型	3 型	4 型	5 型	6 型			
5	3.5	21.0	35.0	—	—	69.0	86.0	—	—	M12×1.25	8	14
6.3	4.0	20.0	35.0	—	42.0	60.5	77.5	—	—	M14×1.5	8	17
8	6.0	17.5	32.0	36.0	—	56.0	71.5	—	—	M16×1.5	8	19
10	7.5	16.0	28.0	31.0	38.0	51.5	69.0	—	27.6	M18×1.5	8	22
12.5	10.0	14.0	25.0	27.5	34.5	43.0	51.5	55.0	27.6	M22×1.5	10	27
16	13.0	10.5	20.0	22.5	27.5	38.0	48.0	—	—	M27×1.5	10	32
19	15.0	9.0	16.0	20.5	34.5	34.5	43.0	42.0	27.6	M30×1.5	11	36
22	18.5	8.0	14.0	—	—	—	—	—	—	M36×2	13	41
25	21.0	7.0	14.0	20.5	27.5	27.5	34.5	38.0	27.6	M39×2②	13	46
31.5	27.0	4.4	11.0	17.0	—	20.5	24.0	32.5	20.7	M42×2	15	50
										M45×2②	15	55
										M52×2①	15	60
38	33.0	3.5	9.0	14.0	—	17.0	20.5	29.0	17.2	M52×2	17	60
										M60×2①	17	70
51	45.0	2.6	8.0	14.0	—	17.0	20.5	25.0	17.2	M64×2②	23	75

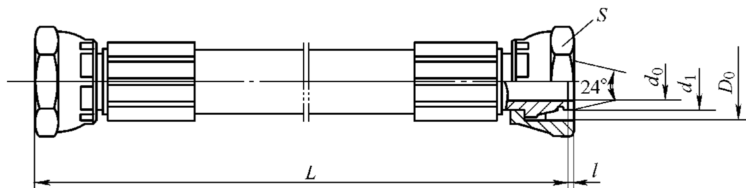
① 与液压快换接头连接使用的螺纹尺寸。

② 焊接式管接头标准中缺少的螺纹，需自配管接头或协商订货。

表 22.9-90　法兰式液压软管总成基本参数与连接尺寸(摘自 JB/T 8727—2004)　(mm)

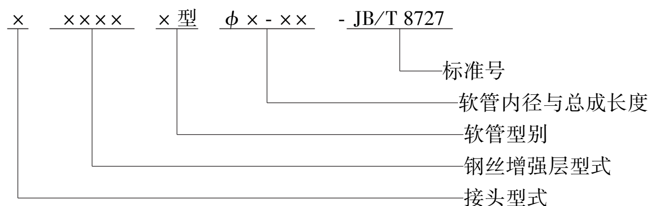
软管内径	d_0(参考)	钢丝编织液压软管总成最高工作压力/MPa		钢丝缠绕液压软管总成最高工作压力/MPa						$D_0\pm0.25$		d_{max}		$l\pm0.15$	
		1 型 1T 型	2、3 型 2T、3T 型	1 型	2 型	3 型	4 型	5 型	6 型	轻型	重型	轻型	重型	轻型	重型
12.5	10.0	14.0	25.0	27.5	34.5	—	—	—	27.6	30.2	31.8	24	24	6.8	7.8
16	12.5	10.5	20.0	22.5	27.5	38.0	48.0	—	—	38.1	41.3	31.7	32	6.8	8.8
19	15.0	9.0	16.0	20.5	34.5	34.5	43.0	42.0	27.6	38.1	41.3	31.7	32	6.8	8.8
25	21.0	7.0	14.0	20.5	27.5	27.5	34.5	38.0	27.6	44.4	47.6	38	38	8	9.5
31.5	27.0	4.4	11.0	17.5	—	20.5	24.0	32.5	20.7	50.8	54	43	44	8	10.3
38	33.0	3.5	9.0	14.0	—	17.0	20.5	29.0	17.2	60.3	63.5	50	51	8	12.6
51	45.0	2.6	8.0	14.0	—	17.0	20.5	25.0	17.2	71.4	79.4	63	67	9.6	12.6

表 22.9-91　24°锥密封式液压软管总成基本参数与连接尺寸(摘自 JB/T 8727—2004)　(mm)



系列	软管内径	d_0（参考）	d_1（参考）	钢丝编织液压软管总成最高工作压力/MPa		钢丝缠绕液压软管总成最高工作压力/MPa						D_0	l（参考）	S
				1型 1T型	2、3型 2T、3T型	1型	2型	3型	4型	5型	6型			
轻型	5	3.5	6	21.0	35.0	—	—	69.0	86.0	—	—	M12×1.5	1.5	14
	6.3	4.0	8	20.0	35.0	—	42.0	60.5	77.5	—	—	M14×1.5	2	17
	8	6.0	10	17.5	32.0	36.0	—	56.0	71.5	—	—	M16×1.5	2	19
	10	7.5	12	16.0	28.0	31.0	38.0	51.5	69.0	—	27.6	M18×1.5	2.5	22
	12.5	10.0	15	14.0	25.0	27.5	34.5	43.0	51.5	55.0	27.6	M22×1.5	2.5	27
	16	13.0	18	10.5	20.0	22.5	27.5	38.0	48.0	—	—	M27×1.5	2.5	32
	19	15.0	22	9.0	16.0	20.5	34.5	34.5	43.0	42.0	27.6	M30×2	4	36
	25	21.0	28	7.0	14.0	20.5	27.5	27.5	34.5	38.0	27.6	M36×2	4	41
	31.5	27.0	35	4.4	11.0	17.0	—	20.5	24.0	32.5	20.7	M45×2	4	50
	38	33.0	42	3.5	9.0	14.0	—	17.0	20.5	29.0	17.2	M52×2	4	60
重型	5	3.5	6	21.0	35.0	—	—	69.0	86.0	—	—	M14×1.5	1.5	17
	6.3	4.0	8	20.0	35.0	—	42.0	60.5	77.5	—	—	M16×1.5	1.5	19
			10									M18×1.5	2	22
	8	6.0	12	17.5	32.0	36.0	—	56.0	71.5	—	—	M20×1.5	2.5	24
	10	7.5	14	16.0	28.0	31.0	38.0	51.5	69.0	—	27.6	M22×1.5	2.5	27
	12.5	10.0	16	14.0	25.0	27.5	34.5	43.0	51.5	55.0	27.6	M24×1.5	3	30
	16	13.0	20	10.5	20.0	22.5	27.5	38.0	48.0	—	—	M30×2	3	36
	19	15.0	25	9.0	16.0	20.5	34.5	34.5	43.0	42.0	27.6	M36×2	3	46
	25	21.0	30	7.0	14.0	20.5	27.5	27.5	34.5	38.0	27.6	M42×2	4	50
	31.5	27.0	38	4.4	11.0	17.0	—	20.5	24.0	32.5	20.7	M52×2	4.5	60

注：1. 产品标记方法



2. 接头型式为：A—焊接式，B—卡套式，C—扩口式，F—法兰式，H—24°锥密封式。
3. 钢丝增强层型式为：钢丝编织、钢丝缠绕。

标记示例：软管内径为 $d_0=16$mm，总成长度 $L=1000$mm 的焊接式2型钢丝编织液压软管总成：

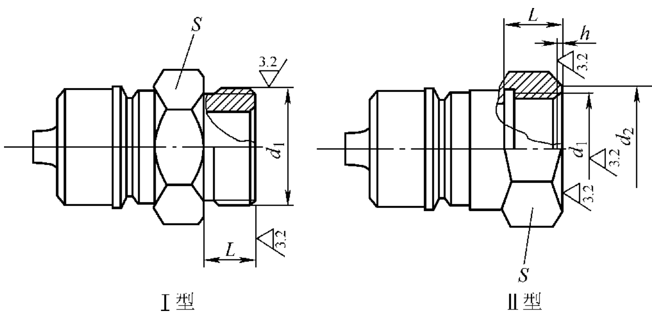
A　钢丝编织　2型　φ16-1000　JB/T 8727

4.9　快换接头

快换接头是一种不需要工具就能实现管道迅速连通或断开的接头。它有两种结构型式：两端开闭式和两端开放式。两端开闭式中，两个接头体内各有一个单向阀，两接头体分离时，单向阀关闭，管道中的液体不能流出，两接头体连接时，单向阀打开，管道连通。两端开放式中，没有单向阀，两个接头体分开时不能封闭管道。

液压快换接头的连接型式分为Ⅰ型和Ⅱ型，其连接尺寸见表 22.9-92。

表 22.9-92　快换接头的外形和连接尺寸(摘自 GB/T 8606—2003)　　(mm)



标记示例：
公称通径 6.3mm，Ⅰ型螺纹连接型式：
快换接头 QCⅠ6.3 GB/T 8606
公称通径 6.3mm，Ⅱ型螺纹连接型式：
快换接头 QCⅡ6.3 GB/T 8606

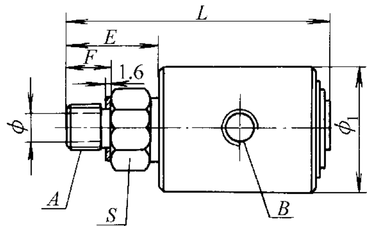
公称通径	Ⅰ型				Ⅱ型								O 形密封圈规格内径×截面直径
	d_1	L	S		d_1	L	S		d_2		h		
			基本尺寸	极限偏差			基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	
6.3	M14×1.5	10	21	0 −0.84	M12×1.5	14	21	0 −0.84	16.1	+0.11 0	1.28	+0.10 0	12.5×1.8
10	M18×1.5	12	24		M18×1.5	16.5	24		21.6	+0.13 0			18×1.8
12.5	M27×1.5	14	34	0 −1.00	M22×1.5	18	34	0 −1.00	28.6				25×1.8
20	M30×1.5		36		M27×2	22	36		31.6	+0.16 0	1.97		28×1.8
25	M39×2	16	46		M33×2		46		38.8				33.5×2.65
31.5	M52×2	21	60	0 −1.20	M42×2	22.5	60	0 −1.20	47.8				42.5×2.65
40	M60×2	24	70	0 −1.90	M50×2	24.5	70	0 −1.90	55.3	+0.19 0			50×2.65
50	—	—	—	—	M60×2	27.5	80		65.3				60×2.65

4.10　旋转接头(见表 22.9-93 ~ 表 22.9-106)

旋转接头用于有相对转动的管路的连接。它有单进单出型、单进双出型、多路型等多种通路型式。旋转接头常作为某些设备的专用配套件而专门设计制造。

(1) 沈阳人和机械制造公司生产的通用型旋转接头规格尺寸(表 22.9-93、表 22.9-94)

表 22.9-93 低速旋转接头 (mm)



技术参数：

p_{max}（空气） 1.03MPa

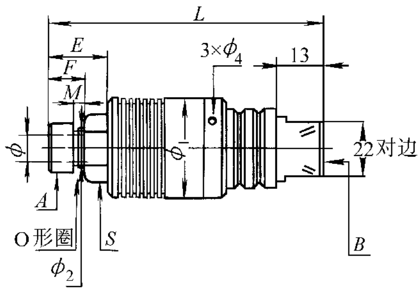
p_{max}（油压） 20.59MPa

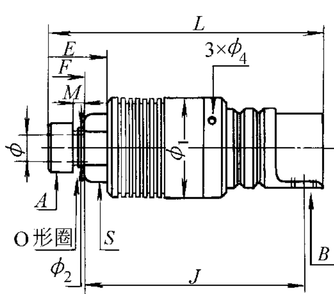
t_{max} 120℃

n_{max} 250r/min

B	型号 空气、液压用	A 安装尺寸	ϕ_1	L	E	F	ϕ	S
Rc1/4	2801-997-000	R3/8 RH	38	82.5	28.5	15.8	10	22.2
	2801-997-200	G3/8 RH					8	
	2801-997-410	M16×2RH						
Rc1/2	281-997-030	R3/4 RH	70	119	41	22	15.8	35
	281-997-230	G3/4 RH		116	38	19		
	281-997-420	M22×1.5		111	33	14.2	12.7	

表 22.9-94 高速旋转接头 (mm)





6301/63 −227 5021单路直通型　　6301/63 −227 5020单路弯通型

技术参数：

p_{max} 10.29MPa

t_{max} 70℃

n_{max} 15000r/min

B	型号	A 安装尺寸	ϕ_1	L	E	F	ϕ	S	ϕ_2	J	M	ϕ_4
Rc1/4	6301-227-5020	M16×1.5 LH	53	130	26	16	5	24	17.993	100	5	Rc1/8
	6301-227-5021	M16×1.5 LH		124						—		
Rc3/8	63-227-5020	M16×1.5 LH		130			9		17.988	100		
	63-227-5021	M16×1.5 LH		124						—		

注：使用时压力和转速不允许同时处于各自的最大值。

（2）上海霍格流体控制有限公司的旋转接头型号（见表22.9-95～表22.9-106）

1）S系列通用型低压高速旋转接头（用于热油）

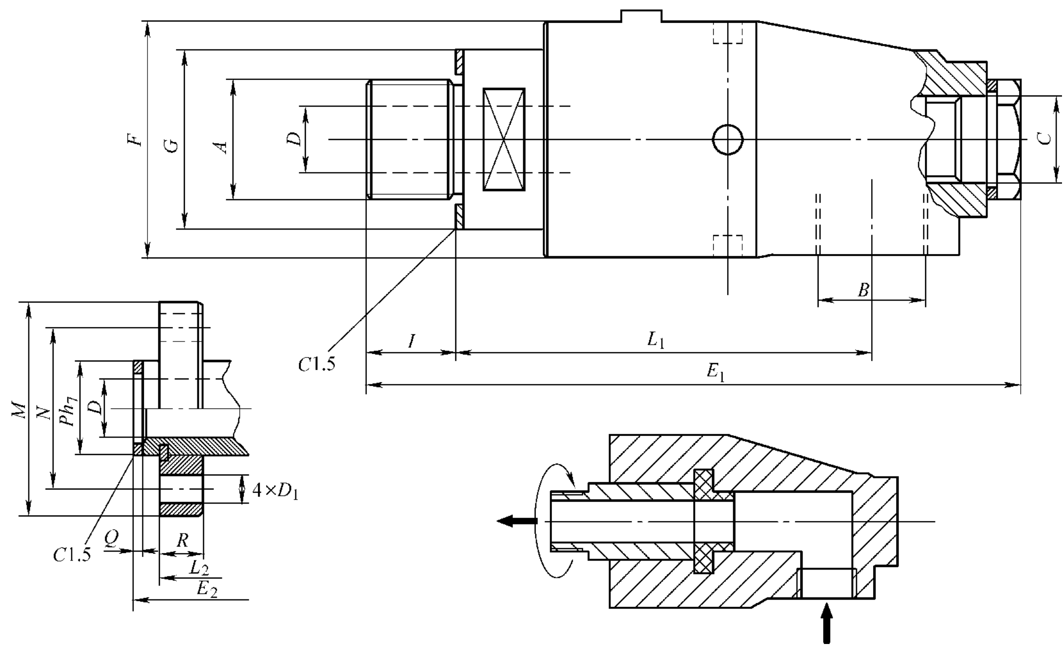
① 技术参数（见表22.9-95）

表 22.9-95　S 系列通用型低压高速旋转接头(用于热油)技术参数

工作压力/MPa	0～0.65	温度-转速	介质温度＞175℃时，转速必须＜300r/min
温度/℃	最高 200(热油)	接头材质	壳体为铜，其余部件为不锈钢
最高允许转速 /r·min⁻¹	3500(1/4～3/4in) 3000(1in) 2500(1¼～1½in) 750(2in)	密封	N 型密封(标准型)：石墨对碳化钨 D 型密封(重型)：碳化钨对碳化钨
温度-压力-转速	介质压力＞0.8MPa 时，温度必须＜50℃	连接方式	BSPP 英制管螺纹 G1/4～G2in(分左旋和右旋)或法兰连接 高转速下需要正反转时应采用法兰连接

② 结构及尺寸(见表 22.9-96～表 22.9-98)

表 22.9-96　S 系列通用型低压高速旋转接头(单通道)　　(mm)

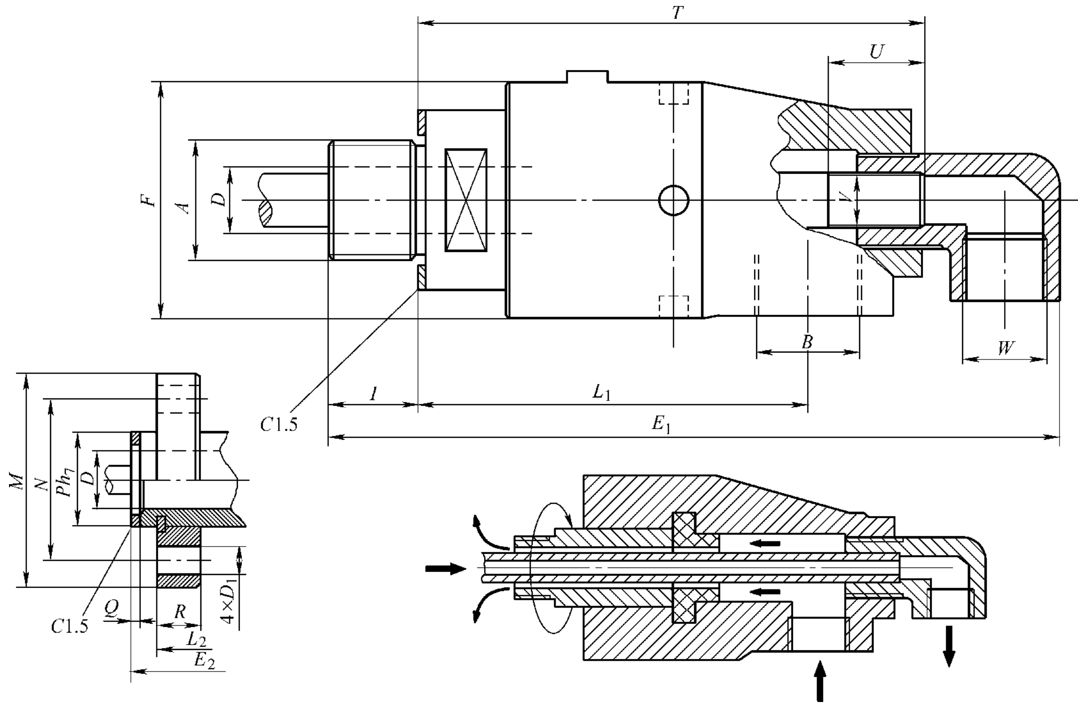


型　　号		单通道旋转接头																
N 型密封	D 型密封	A/in	B/in	C/in	D	E_1	E_2	F	G	I	L_1	L_2	M	N	Ph_7	Q	R	D_1
S08-300-01R	S08-301-01R	G1/4RH	G1/4	—	6.4	88	—	43	20	12	67	—	—	—	—	—	—	—
S08-300-02L	S08-301-02L	G1/4LH	G1/4	—	6.4	88	—	43	20	12	67	—	—	—	—	—	—	—
S10-300-01R	S10-301-01R	G3/8RH	G3/8	G1/4	9	107	—	43	25	14	73	—	—	—	—	—	—	—
S10-300-02L	S10-301-02L	G3/8LH	G3/8	G1/4	9	107	—	43	25	14	73	—	—	—	—	—	—	—
S10-300-03F	S10-301-03F	—	G3/8	G1/4	9	—	109	43	—	—	—	82	53	38	18	6	8	9
S15-300-01R	S15-301-01R	G1/2RH	G1/2	G3/8	12.7	120	—	55	30	14	81	—	—	—	—	—	—	—
S15-300-02L	S15-301-02L	G1/2LH	G1/2	G3/8	12.7	120	—	55	30	14	81	—	—	—	—	—	—	—
S15-300-03F	S15-301-03F	—	G1/2	G3/8	12.7	—	125	55	—	—	—	92	60	45	25	6	10	9
S20-300-01R	S20-301-01R	G3/4RH	G3/4	G1/2	17.5	138	—	64	37	16	95	—	—	—	—	—	—	—
S20-300-02L	S20-301-02L	G3/4LH	G3/4	G1/2	17.5	138	—	64	37	16	95	—	—	—	—	—	—	—

（续）

型号		单通道旋转接头																
N型密封	D型密封	A/in	B/in	C/in	D	E_1	E_2	F	G	I	L_1	L_2	M	N	Ph_7	Q	R	D_1
S20-300-03F	S20-301-03F	—	G3/4	G1/2	17.5	—	135	64	—	—	—	103	68	50	30	6	10	9
S25-300-01R	S25-301-01R	G1RH	G1	G3/4	22.2	163	—	70	45	21	105	—	—	—	—	—	—	—
S25-300-02L	S25-301-02L	G1LH	G1	G3/4	22.2	163	—	70	45	21	105	—	—	—	—	—	—	—
S25-300-03F	S25-301-03F	—	G1	G3/4	22.2	—	164	70	—	—	—	117	78	60	36	7	12	9
S32-300-01R	S32-301-01R	G1¼RH	G1¼	G1	30.2	180	—	85	55	23	118	—	—	—	—	—	—	—
S32-300-02L	S32-301-02L	G1¼LH	G1¼	G1	30.2	180	—	85	55	23	118	—	—	—	—	—	—	—
S32-300-03F	S32-301-03F	—	G1¼	G1	30.2	—	182	85	—	—	—	133	94	70	44	8	12	11
S40-300-01R	S40-301-01R	G1½RH	G1½	G1¼	35	210	—	100	60	25	130	—	—	—	—	—	—	—
S40-300-02L	S40-301-02L	G1½LH	G1½	G1¼	35	210	—	100	60	25	130	—	—	—	—	—	—	—
S40-300-03F	S40-301-03F	—	G1½	G1¼	35	—	212	100	—	—	—	140	99	78	52	10	14	11
S50-300-01R	S50-301-01R	G2RH	G2	G1¼	47	225	—	110	70	25	139	—	—	—	—	—	—	—
S50-300-02L	S50-301-02L	G2LH	G2	G1¼	47	225	—	110	70	25	139	—	—	—	—	—	—	—
S50-300-03F	S50-301-03F	—	G2	G1¼	47	—	227	110	—	—	—	154	120	95	65	10	14	11

表 22.9-97 S 系列通用型低压高速旋转接头（双通道） （mm）

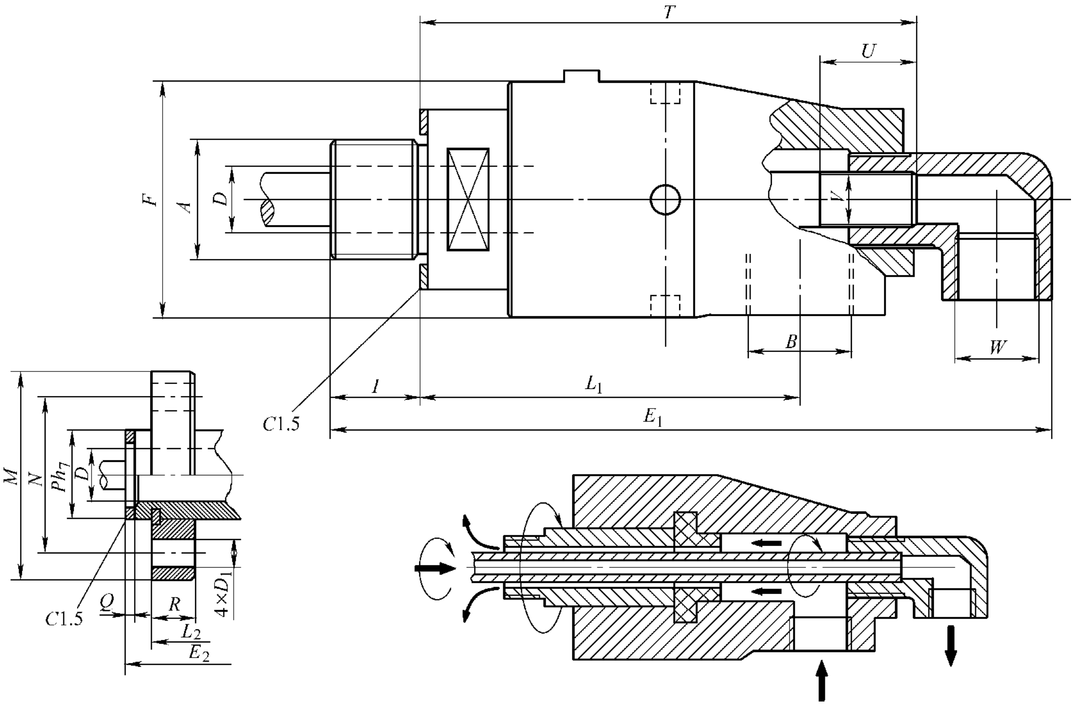


型号		双通道旋转接头，固定式中心通道（虹吸管）																	
N型密封	D型密封	A/in	B/in	D	E_1	E_2	F	I	L_1	L_2	M	N	Ph_7	Q	R	D_1	T	U	V	W/in
S10-300-01R-800	S10-301-01R-800	G3/8RH	G3/8	9	130	—	43	14	73	—	—	—	—	—	—	—	91	16	M6×1	G1/4
S10-300-02L-800	S10-301-02L-800	G3/8LH	G3/8	9	130	—	43	14	73	—	—	—	—	—	—	—	91	16	M6×1	G1/4
S10-300-03F-800	S10-301-03F-800	—	G3/8	9	—	132	43	—	—	82	53	38	18	6	8	9	101	16	M6×1	G1/4

（续）

型号		双通道旋转接头，固定式中心通道(虹吸管)																		
N 型密封	D 型密封	A/in	B/in	D	E_1	E_2	F	I	L_1	L_2	M	N	Ph_7	Q	R	D_1	T	U	V/in	W/in
S15-300-01R-800	S15-301-01R-800	G1/2RH	G1/2	12.7	146	—	55	14	81	—	—	—	—	—	—	—	104	16	G1/8	G3/8
S15-300-02L-800	S15-301-02L-800	G1/2LH	G1/2	12.7	146	—	55	14	81	—	—	—	—	—	—	—	104	16	G1/8	G3/8
S15-300-03F-800	S15-301-03F-800	—	G1/2	12.7	—	151	55	—	—	92	60	45	25	6	10	9	114	16	G1/8	G3/8
S20-300-01R-800	S20-301-01R-800	G3/4RH	G3/4	17.5	170	—	64	16	95	—	—	—	—	—	—	—	122	19	G1/4	G1/2
S20-300-02L-800	S20-301-02L-800	G3/4LH	G3/4	17.5	170	—	64	16	95	—	—	—	—	—	—	—	122	19	G1/4	G1/2
S20-300-03F-800	S20-301-03F-800	—	G3/4	17.5	—	167	64	—	—	103	68	50	30	6	10	9	129	19	G1/4	G1/2
S25-300-01R-800	S25-301-01R-800	G1RH	G1	22.2	198	—	70	21	105	—	—	—	—	—	—	—	138	21	G3/8	G1/2
S25-300-02L-800	S25-301-02L-800	G1LH	G1	22.2	198	—	70	21	105	—	—	—	—	—	—	—	138	21	G3/8	G1/2
S25-300-03F-800	S25-301-03F-800	—	G1	22.2	—	199	70	—	—	117	78	60	36	7	12	9	150	21	G3/8	G1/2
S32-300-01R-800	S32-301-01R-800	G1¼RH	G1¼	30.2	226	—	85	23	118	—	—	—	—	—	—	—	152	21	G1/2	G3/4
S32-300-02L-800	S32-301-02L-800	G1¼LH	G1¼	30.2	226	—	85	23	118	—	—	—	—	—	—	—	152	21	G1/2	G3/4
S32-300-03F-800	S32-301-03F-800	—	G1¼	30.2	—	228	85	—	—	133	94	70	44	8	12	11	167	21	G1/2	G3/4
S40-300-01R-800	S40-301-01R-800	G1¼RH	G1½	35	260	—	100	25	130	—	—	—	—	—	—	—	173	26	G3/4	G1
S40-300-02L-800	S40-301-02L-800	G1¼LH	G1½	35	260	—	100	25	130	—	—	—	—	—	—	—	173	26	G3/4	G1
S40-300-03F-800	S40-301-03F-800	—	G1½	35	—	262	100	—	—	140	99	78	52	10	14	11	182	26	G3/4	G1
S50-300-01R-800	S50-301-01R-800	G2RH	G2	47	284	—	110	25	139	—	—	—	—	—	—	—	189	26	G1	G1¼
S50-300-02L-800	S50-301-02L-800	G2LH	G2	47	284	—	110	25	139	—	—	—	—	—	—	—	189	26	G1	G1¼
S50-300-03F-800	S50-301-03F-800	—	G2	47	—	286	110	—	—	154	120	95	65	10	14	11	204	26	G1	G1¼

表 22.9-98　S 系列通用型低压高速旋转接头(双通道、旋转式中心通道)　(mm)



（续）

型　号		双通道旋转接头，旋转式中心通道(虹吸管)																		
N型密封	D型密封	A/in	B/in	D	E_1	E_2	F	I	L_1	L_2	M	N	Ph_7	Q	R	D_1	T	U	V	W/in
S10-300-01R-810	S10-301-01R-810	G3/8RH	G3/8	9	130	—	43	14	73	—	—	—	—	—	—	—	94	20	6	G1/4
S10-300-02L-810	S10-301-02L-810	G3/8LH	G3/8	9	130	—	43	14	73	—	—	—	—	—	—	—	94	20	6	G1/4
S10-300-03F-810	S10-301-03F-810	—	G3/8	9	—	132	43	—	—	82	53	38	18	6	8	9	104	20	6	G1/4
S15-300-01R-810	S15-301-01R-810	G1/2RH	G1/2	12.7	146	—	55	14	81	—	—	—	—	—	—	—	107	20	10	G3/8
S15-300-02L-810	S15-301-02L-810	G1/2LH	G1/2	12.7	146	—	55	14	81	—	—	—	—	—	—	—	107	20	10	G3/8
S15-300-03F-810	S15-301-03F-810	—	G1/2	12.7	—	151	55	—	—	92	60	45	25	6	10	9	117	20	10	G3/8
S20-300-01R-810	S20-301-01R-810	G3/4RH	G3/4	17.5	170	—	64	16	95	—	—	—	—	—	—	—	125	23	13	G1/2
S20-300-02L-810	S20-301-02L-810	G3/4LH	G3/4	17.5	170	—	64	16	95	—	—	—	—	—	—	—	125	23	13	G1/2
S20-300-03F-810	S20-301-03F-810	—	G3/4	17.5	—	167	64	—	—	103	68	50	30	6	10	9	132	23	13	G1/2
S25-300-01R-810	S25-301-01R-810	G1RH	G1	22.2	198	—	70	21	105	—	—	—	—	—	—	—	141	25	16	G1/2
S25-300-02L-810	S25-301-02L-810	G1LH	G1	22.2	198	—	70	21	105	—	—	—	—	—	—	—	141	25	16	G1/2
S25-300-03F-810	S25-301-03F-810	—	G1	22.2	—	199	70	—	—	117	78	60	36	7	12	9	153	25	16	G1/2
S32-300-01R-810	S32-301-01R-810	G1¼RH	G1¼	30.2	226	—	85	23	118	—	—	—	—	—	—	—	155	25	22	G3/4
S32-300-02L-810	S32-301-02L-810	G1¼LH	G1¼	30.2	226	—	85	23	118	—	—	—	—	—	—	—	155	25	22	G3/4
S32-300-03F-810	S32-301-03F-810	—	G1¼	30.2	—	228	85	—	—	133	94	70	44	8	12	11	170	25	22	G3/4
S40-300-01R-810	S40-301-01R-810	G1½RH	G1½	35	260	—	100	25	130	—	—	—	—	—	—	—	176	30	26	G1
S40-300-02L-810	S40-301-02L-810	G1½LH	G1½	35	260	—	100	25	130	—	—	—	—	—	—	—	176	30	26	G1
S40-300-03F-810	S40-301-03F-810	—	G1½	35	—	262	100	—	—	140	99	78	52	10	14	11	185	30	26	G1
S50-300-01R-810	S50-301-01R-810	G2RH	G2	47	284	—	110	25	139	—	—	—	—	—	—	—	192	30	32.2	G1¼
S50-300-02L-810	S50-301-02L-810	G2LH	G2	47	284	—	110	25	139	—	—	—	—	—	—	—	192	30	32.2	G1¼
S50-300-03F-810	S50-301-03F-810	—	G2	47	—	286	110	—	—	154	120	95	65	10	14	11	207	30	32.2	G1¼

2）高压低速直角旋转接头(1400系列)

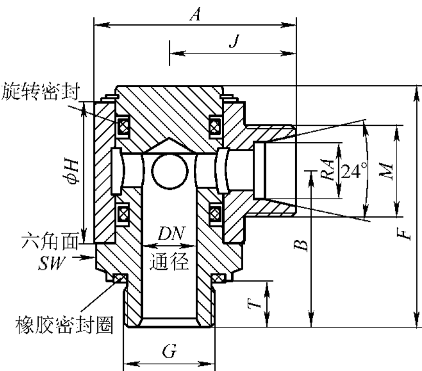
① 技术参数(见表22.9-99)

表22.9-99　高压低速直角旋转接头(1400系列)技术参数

项目	参数
接头材料	1400 SR：碳钢，可用于矿物油 1400 SRl：316Ti不锈钢，可用于水、蒸汽、油及轻微腐蚀性介质
规格	通径 $DN5\sim32$
接口	英制直管外螺纹G DIN2353重系列(S系列)，米制普通螺纹，24°内锥面
工作压力(最高)/MPa	35
工作温度/℃	200(不锈钢接头)、120(碳钢接头)
最大转速/$r\cdot min^{-1}$	30
连接方式	有一头和软管连接，有利于保证使用寿命
旋转密封	低摩擦因数的聚四氟乙烯旋转密封及弹性O形密封圈 碳钢接头配丁腈橡胶O形密封圈，不锈钢接头配氟橡胶O形密封圈
螺纹端部密封	橡胶梯形密封圈 碳钢接头配丁腈橡胶密封圈，不锈钢接头配氟橡胶密封圈

② 结构及尺寸(见表22.9-100)

表 22. 9-100　高压低速旋转接头结构尺寸(1400 系列)　　(mm)



碳钢接头型　号	不锈钢接头型　号	压力/MPa	通径 DN	RA(S 系列)	M	G/in	A	J	B	ϕH	F	T
—	1406SRIA4	35	5	8	M16×1.5	G1/4	38.5	25	34	27	53	12
—	1410SRIA4	35	8	12	M20×1.5	G3/8	42	27	38	30	59	12
1413SRA4	1413SRIA4	30	10	16	M24×1.5	G1/2	50.5	33	47	35	72	14
1419SRA4	1419SRIA4	30	16	20	M30×2	G3/4	57.5	37	53	41	85	16
1425SRA4	1425SRIA4	25	20	25	M36×2	G1	84.5	57	59	55	96	18
1430SRA4	1430SRIA4	25	25	30	M42×2	G1¼	105	70	71	70	112	20
—	1438SRIA4	25	32	38	M52×2	G1½	120	80	78	80	124	22

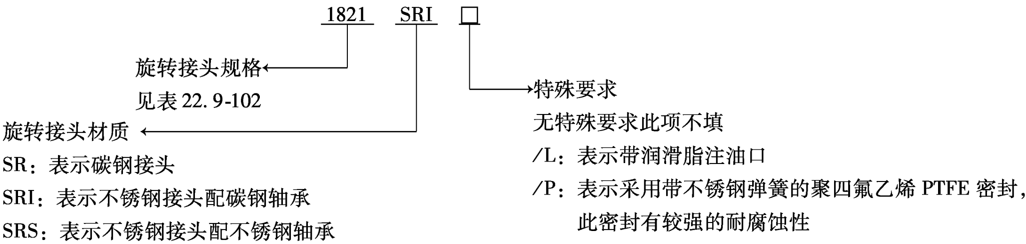
3）高压中速直通旋转接头(1800 系列)

① 技术参数(见表 22. 9-101)

表 22. 9-101　高压中速直通旋转接头(1800 系列)技术参数

接头材料	1800 SR：碳钢，可用于矿物油 1800 SRI：轴承为碳钢，其余金属部件为不锈钢，可用于水、蒸汽和轻微腐蚀性介质，但外部环境不能有腐蚀性 1800 SRS：所有金属部件(包括轴承)为不锈钢，可用于水、蒸汽和轻微腐蚀性介质
尺寸	1/4～3in
接口螺纹	55°密封管螺纹
工作压力(最高)/MPa	30
工作温度/℃	200(不锈钢)、120(碳钢)
转速(最大)/$r \cdot min^{-1}$	80
密封	低摩擦因数的聚四氟乙烯旋转密封配弹性 O 形密封圈 碳钢接头配丁腈橡胶 O 形密封圈，不锈钢接头配氟橡胶 O 形密封圈
润滑	1800 系列接头内已有耐久性润滑脂，一般情况在使用期内无需维护，但如果接头浸在液体内或其他原因造成润滑脂流失，可加装润滑脂注油口

注：订货型号：



② 结构及尺寸(见表22.9-102)

表22.9-102 高压中速直通旋转接头结构及尺寸(1800系列) (mm)

接头型号	工作压力/MPa		φA/in	B	C	φD	F	G	H	φI	J	S
	碳钢轴承	不锈钢轴承										
1813 SR/SRl/SRS	30	17.5	1/4	13	12	6	67	48	12	37	—	32
1817 SR/SRl/SRS	30	17.5	3/8	14	12	9	70	49	14	41	—	36
1821 SR/SRl/SRS	25	15	1/2	16	15	13	82	57	22	57	—	50
1827 SR/SRl/SRS	25	15	3/4	18	17	17	94	63	27	64	—	55
1834 SR/SRl/SRS	20	12.5	1	21	20	21	102	67	32	70	—	60
1842 SR/SRl/SRS	20	12.5	1¼	24	22	30	107	71	40	78	6	—
1849 SR/SRl/SRS	15	10	1½	24	22	38	122	80	48	85	6	—
1860 SR/SRl/SRS	10	7.5	2	29	26	46	124	85	56	100	7	—
1876 SR/SRl/SRS	7.5	7.5	2½	29	25	60	142	95	71	130	7	—
1890 SR/SRl/SRS	7.5	7.5	3	35	30	73	179	122	86	156	7	—

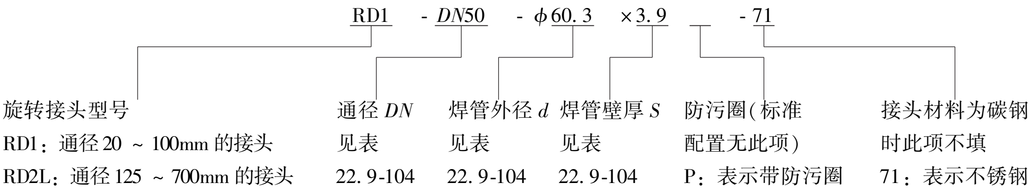
4) 中低压低速焊接式旋转接头(RD1/RD2L系列)

① 技术参数(见表22.9-103)

表22.9-103 中低压低速焊接式旋转接头(RD1/RD2L系列)技术参数

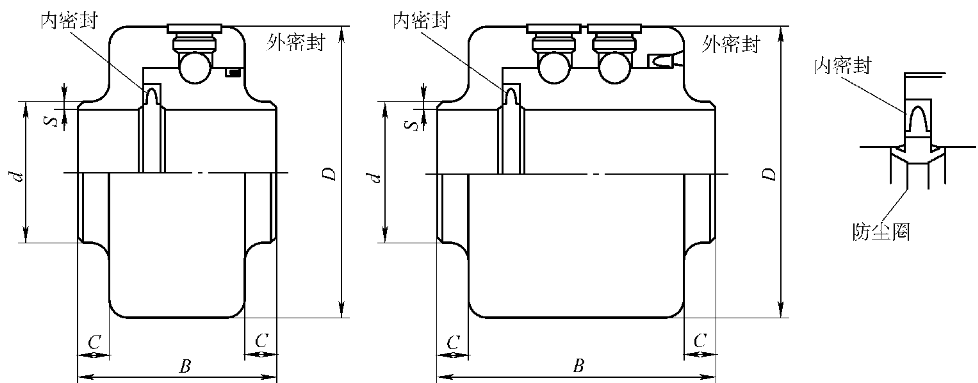
适用介质	油、腐蚀性液体	工作温度/℃	-50~260
接头材质	碳钢42CrMo4或不锈钢	最高转速/r·min⁻¹	30
密封型式	内密封为聚四氟乙烯U形圈带预紧不锈钢弹簧，可加装防护圈 外密封可根据要求更改	润滑保护	接头内有耐久性润滑脂，使用期内无需维护，也可加装润滑口

注：订货型号：



② 结构及尺寸(见表 22.9-104)

表 22.9-104　中低压低速焊接式旋转接头结构及尺寸(RD1/RD2L 系列)　(mm)



接头型号	通径 DN	$d \times S$(焊管外径×壁厚)	D	B	C	重量 /kg	工作压力	
							碳钢	不锈钢
RD1-DN20	20	26.9×2.9	72	55	9	1.10	真空至10MPa	真空至4MPa
RD1-DN25	25	33.7×3.4	78	60	10	1.35		
RD1-DN32	32	42.4× 3.6	88	60	10	1.70		
RD1-DN40	40	48.3×3.7	96	60	10	1.80		
RD1-DN50	50	60.3×3.9	118	70	12	3.10		
RD1-DN65	65	73×5.2 或 76.1×6.75	133	75	15	3.70		
RD1-DN80	80	88.9×5.5	139	75	15	3.70		
RD1-DN100	100	114.3×6.0	164	75	15	4.70		
RD2L-DN125	125	139.7×5.8	197	125	17.5	11.9	真空至4MPa	真空至1.6MPa
RD2L-DN150	150	168.3×7.1	223	135	22.5	13.5		
RD2L-DN200	200	219.1×8.2	277	135	22.5	19.8		
RD2L-DN250	250	273.0×9.3	325	135	22.5	23.1		
RD2L-DN300	300	323.9×9.5	390	140	25	33.4		
RD2L-DN350	350	355.6×8.0	420	140	25	34.5	真空至1.6MPa	真空至0.6MPa
RD2L-DN400	400	406.4×8.8	470	140	25	39.8		
RD2L-DN500	500	508.0×9.5	590	140	25	58.0		
RD2L-DN600	600	610.0×9.5	695	145	25	85.0		
RD2L-DN700	700	711.0×12.5	790	145	25	96.0		

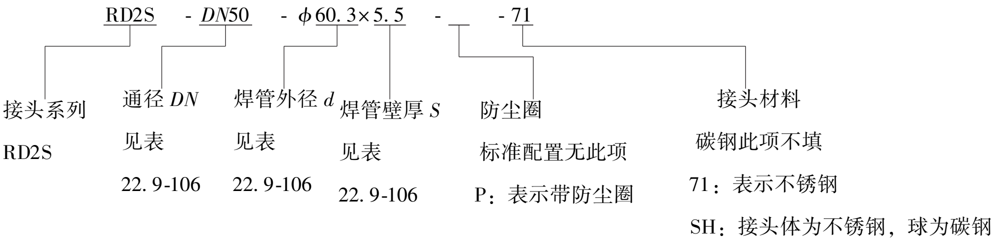
5) 高压低速焊接式旋转接头(RD2S 系列)

① 技术参数(见表 22.9-105)

表 22.9-105 高压低速焊接式旋转接头(RD2S 系列)技术参数

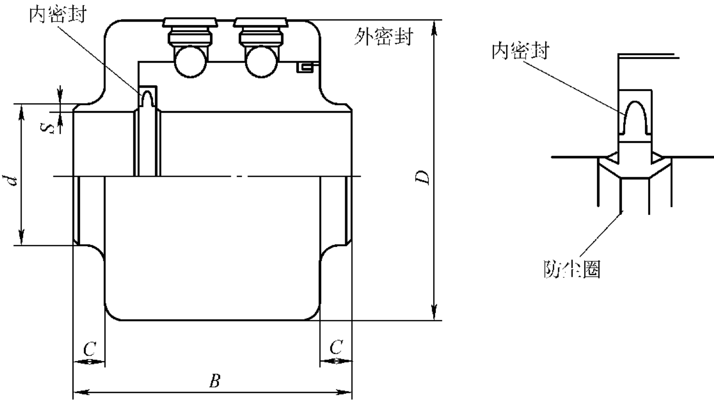
接头材质	碳钢 42CrMo4 或不锈钢表面硬化处理	工作温度/℃	－50～260
密封形式	内密封为 U 形密封圈带预紧不锈钢弹簧，可加装防尘圈 外密封的标准配置为防尘圈	最高转速/r·min^{-1}	30
		润滑保护	接头内有耐久性润滑脂，使用期内无需维护，也可加装润滑口

注：订货型号：



② 结构及尺寸(见表 22.9-106)

表 22.9-106 高压低速焊接式旋转接头结构及尺寸(RD2S 系列) (mm)



接头型号	通径	$d \times S$(焊管外径×壁厚)				D	B	C	工作压力 MPa		
	DN	6.4MPa	16MPa	25MPa	40MPa				碳钢	SH	SS
RD2S-DN20	20			26.9×3.9	33.7×5.6	72	90	12.5			
RD2S-DN25	25			33.7×4.6	42.4×7.1	78	90	12.5			
RD2S-DN32	32		60.3×5.5	42.4×4.9	48.3×8.0	88	90	12.5	42	34	10
RD2S-DN40	40			48.3×5.1	60.3×10.0	98	90	12.5			
RD2S-DN50	50			60.3×6.3	76.1×12.5	118	100	13.5			
RD2S-DN65	65		73.0×7.0	76.1×8.5		133	110	13.5			
RD2S-DN80	80	139.7×8.7	88.9×7.6	101.6×11.0		139	110	13.5	25	16	
RD2S-DN100	100		114.3×8.6	127.0×14.2		175	110	14.5			
RD2S-DN125	125		141.3×9.5	152.4×16.0		218	140	17.5			
RD2S-DN150	150	168.3×7.1				250	155	22.5			
RD2S-DN200	200	219.1×8.2				330	180	22.5	10	6.4	4
RD2S-DN250	250	273.0×9.3				375	185	22.5			
RD2S-DN300	300	323.9×9.5				455	195	25.0			

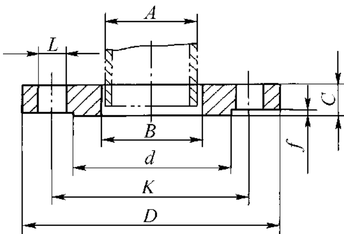
4.11　法兰(见表 22.9-107 ~ 表 22.9-122)

根据 JB/T 81—1994，表 22.9-107 ~ 表 22.9-109 给出了凸面板式平焊钢制管法兰尺寸。

根据 JB/T 86.1—1994，表 22.9-110 ~ 表 22.9-112 给出了凸面钢制管法兰盖尺寸。

表 22.9-113 ~ 表 22.9-117 给出了高压法兰、直通法兰、直角法兰、中间法兰和法兰盖的尺寸。

表 22.9-107　PN1.0MPa 凸面板式平焊钢制管法兰尺寸　(mm)



标记示例：

公称通径 100mm、公称压力 1.0MPa、尺寸为系列 2 的凸面板式平焊钢制管法兰；

法兰　100-10　JB/T 81—1994

公称通径 100mm、公称压力 1.0MPa、尺寸为系列 1 的凸面板式平焊钢制管法兰；

法兰　100-10(系列 1)　JB/T 81—1994

公称通径 *DN*	管子外径 *A*	连接尺寸					密封面尺寸		法兰厚度 *C*	法兰内径 *B*	法兰理论重量 /kg
		法兰外径 *D* 系列 1/系列 2	螺栓孔中心圆直径 *K*	螺栓孔直径 *L* 系列 1/系列 2	螺栓、螺柱 数量 *n*	螺栓、螺柱 螺纹 系列 1/系列 2	*d*	*f*			
10	14	90	60	14	4	M12	40	2	12	15	0.46
15	18	95	65	14	4	M12	45	2	12	19	0.51
20	25	105	75	14	4	M12	55	2	14	26	0.75
25	32	115	85	14	4	M12	65	2	14	33	0.89
32	38	140/135	100	18	4	M16	78	2	16	39	1.40
40	45	150/145	110	18	4	M16	85	3	18	46	1.71
50	57	165/160	125	18	4	M16	100	3	18	59	2.09
65	73	185/180	145	18	4	M16	120	3	20	75	2.84
80	89	200/195	160	18	4	M16	135	3	20	91	3.24
100	108	220/215	180	18	8	M16	155	3	22	110	4.01
125	133	250/245	210	18	8	M16	185	3	24	135	5.40
150	159	285/280	240	23	8	M20	210	3	24	161	6.67
200	219	340/335	295	23	8	M20	265	3	24	222	8.24
250	273	395/390	350	23	12	M20	320	3	26	276	10.70
300	325	445/440	400	23	12	M20	368	4	28	328	12.90
350	377	505/500	460	23	16	M20	428	4	28	380	16.90
400	426	565	515	26/25	16	M24/ M22	482	4	30	430	21.80
450	480	615	565	26/25	20	M24/M22	532	4	30	484	24.40
500	530	670	620	26/25	20	M24/M22	585	4	32	534	27.70

表 22.9-108 *PN*1.6MPa 凸面板式平焊钢制管法兰尺寸 (mm)

公称通径 *DN*	管子外径 *A*	连接尺寸					密封面尺寸		法兰厚度 *C*	法兰内径 *B*	法兰理论重量 /kg
		法兰外径 *D* 系列1/系列2	螺栓孔中心圆直径 *K*	螺栓孔直径 *L* 系列1/系列2	螺栓、螺柱		*d*	*f*			
					数量 *n*	螺纹 系列1/系列2					
10	14	90	60	14	4	M12	40	2	14	15	0.55
15	18	95	65	14	4	M12	45	2	14	19	0.71
20	25	105	75	14	4	M12	55	2	16	26	0.87
25	32	115	85	14	4	M12	65	2	18	33	1.18
32	38	140/135	100	18	4	M16	78	2	18	39	1.60
40	45	150/145	110	18	4	M16	85	3	20	46	2.00
50	57	165/160	125	18	4	M16	100	3	22	59	2.61
65	73	185/180	145	18	4	M16	120	3	24	75	3.45
80	89	200/195	160	18	8	M16	135	3	24	91	3.71
100	108	220/215	180	18	8	M16	155	3	26	110	4.80
125	133	250/245	210	18	8	M16	185	3	28	135	6.47
150	159	285/280	240	23	8	M20	210	3	28	161	7.92
200	219	340/335	295	23	12	M20	265	3	30	222	10.10
250	273	405	355	26/25	12	M24/M22	320	3	32	276	15.70
300	325	460	410	26/25	12	M24/M22	375	4	32	328	18.10
350	377	520	470	26/25	16	M24/M22	436	4	34	380	23.30
400	426	580	525	30	16	M27	485	4	38	430	31.00
450	480	640	585	30	20	M27	515	4	42	484	40.20
500	530	715/705	650	34	20	M30	608	4	48	534	55.70

表 22.9-109 *PN*2.5MPa 凸面板式平焊钢制管法兰尺寸 (mm)

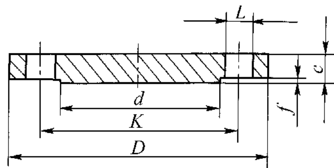
公称通径 *DN*	管子外径 *A*	连接尺寸					密封面尺寸		法兰厚度 *C*	法兰内径 *B*	法兰理论重量 /kg
		法兰外径 *D* 系列1/系列2	螺栓孔中心圆直径 *K*	螺栓孔直径 *L* 系列1/系列2	螺栓、螺柱		*d*	*f*			
					数量 *n*	螺纹 系列1/系列2					
10	14	90	60	14	4	M12	40	2	16	15	0.64
15	18	95	65	14	4	M12	45	2	16	19	0.80
20	25	105	75	14	4	M12	55	2	18	26	0.99
25	32	115	85	14	4	M12	65	2	18	33	1.18
32	38	140/135	100	18	4	M16	78	2	20	39	1.96
40	45	150/145	110	18	4	M16	85	3	22	46	2.60
50	57	165/160	125	18	4	M16	100	3	24	59	2.71
65	73	185/180	145	18	8	M16	120	3	24	75	3.22
80	89	200/195	160	18	8	M16	135	3	26	91	4.06
100	108	235/230	190	23	8	M20	160	3	28	110	6.00
125	133	270	220	26/25	8	M24/M22	188	3	30	135	8.26

（续）

公称通径 DN	管子外径 A	连接尺寸					密封面尺寸		法兰厚度 C	法兰内径 B	法兰理论重量 /kg
		法兰外径 D 系列1/系列2	螺栓孔中心圆直径 K	螺栓孔直径 L 系列1/系列2	螺栓、螺柱 数量 n	螺栓、螺柱 螺纹 系列1/系列2	d	f			
150	159	300	250	26/25	8	M24/M22	218	3	30	161	10.40
200	219	360	310	26/25	12	M24/M22	278	3	32	222	14.50
250	273	425	370	30	12	M27	332	3	34	276	18.90
300	325	485	430	30	16	M27	390	4	36	328	26.80
350	377	555/550	490	34	16	M30	448	4	42	380	34.35
400	426	620/610	550	36/34	16	M33/M30	505	4	44	430	44.90
450	480	670/660	600	36/34	20	M33/M30	555	4	48	484	51.92
500	530	730	660	36/41	20	M33/M36	610	4	52	534	67.30

注：1. 表 22.9-107 ~ 表 22.9-109 中法兰的技术要求按 JB/T 74—1994 的规定。
2. 表 22.9-107 ~ 表 22.9-109 中系列 1 的连接尺寸符合 ISO 及 DIN 规定。
3. 表 22.9-107 ~ 表 22.9-109 中理论重量为系列 2 法兰的重量。
4. 生产厂：宁波液压附件厂。

表 22.9-110　PN1.0MPa 凸面钢制管法兰盖尺寸　（mm）



标记示例：
公称通径 300mm、公称压力 1.0MPa、尺寸为系列 2 的凸面钢制管法兰盖；
　　法兰盖　300-10　JB/T 86.1—1994
公称通径 300mm、公称压力 1.0MPa、尺寸为系列 1 的凸面钢制管法兰盖；
　　法兰盖　300-10(系列 1)　JB/T 86.1—1994

*PN*1.0MPa 凸面钢制管法兰盖尺寸

公称通径 DN	连接尺寸					密封面尺寸		法兰厚度 c	法兰理论重量 /kg
	法兰外径 D 系列1/系列2	螺栓孔中心圆直径 K	螺栓孔直径 L 系列1/系列2	螺栓、螺柱 数量 n	螺栓、螺柱 螺纹 系列1/系列2	d	f		
10	90	60	14	4	M12	40	2	12	0.50
15	95	65	14	4	M12	45	2	12	0.60
20	105	75	14	4	M12	55	2	12	0.70
25	115	80	14	4	M12	65	2	12	0.80
32	140/135	100	18	4	M16	78	2	12	1.10
40	150/145	110	18	4	M16	85	3	14	1.50

（续）

公称通径 DN	连接尺寸					密封面尺寸		法兰厚度 c	法兰理论重量 /kg
	法兰外径 D 系列1/系列2	螺栓孔中心圆直径 K	螺栓孔直径 L 系列1/系列2	螺栓、螺柱		d	f		
				数量 n	螺纹 系列1/系列2				
50	165/160	125	18	4	M16	100	3	14	2.00
65	185/180	145	18	4	M16	120	3	14	2.50
80	200/195	160	18	4	M16	135	3	14	3.00
100	220/215	180	18	8	M16	155	3	14	3.60
125	250/245	210	18	8	M16	185	3	16	5.50
150	285/280	240	23	8	M20	210	3	16	7.00
200	340/335	295	23	8	M20	265	3	16	10.20
250	395/390	350	23	12	M20	320	3	18	15.70
300	445/440	400	23	12	M20	368	4	20	22.00
350	505/500	460	23	16	M20	428	4	24	34.00
400	565	515	26/25	16	M24/M22	482	4	26	47.00
450	615	565	26/25	20	M24/M22	582	4	28	61.00
500	670	620	26/25	20	M24/M22	585	4	32	85.00

表 22.9-111　*PN*1.6MPa 凸面钢制管法兰盖尺寸　（mm）

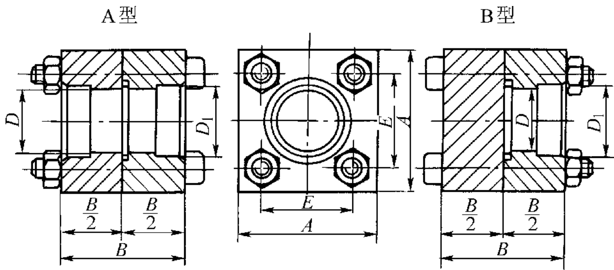
公称通径 DN	连接尺寸					密封面尺寸		法兰厚度 c	法兰理论重量 /kg
	法兰外径 D 系列1/系列2	螺栓孔中心圆直径 K	螺栓孔直径 L 系列1/系列2	螺栓、螺柱		d	f		
				数量 n	螺纹 系列1/系列2				
10	90	60	14	4	M12	40	2	12	0.50
15	95	65	14	4	M12	45	2	12	0.60
20	105	75	14	4	M12	55	2	12	0.70
25	115	85	14	4	M12	65	2	12	0.80
32	140/135	100	18	4	M16	78	2	12	1.20
40	150/145	110	18	4	M16	85	3	14	1.60
50	165/160	125	18	4	M16	100	3	14	2.00
65	185/180	145	18	4	M16	120	3	14	2.50
80	200/195	160	18	8	M16	135	3	14	2.90
100	220/215	180	18	8	M16	155	3	16	4.10
125	250/245	210	18	8	M16	185	3	16	5.50
150	285/280	240	23	8	M20	210	3	18	8.00
200	340/335	295	23	12	M20	265	3	20	12.80
250	405	355	26/25	12	M24/M22	320	3	24	22.00
300	460	410	26/25	12	M24/M22	375	4	28	34.00
350	520	470	26/25	16	M24/M22	435	4	32	49.00
400	580	525	30	16	M27	485	4	36	70.00
450	640	585	30	20	M27	545	4	42	99.60
500	715/705	650	34	20	M30	608	4	46	133.00

表 22.9-112　*PN*2.5MPa 凸面钢制管法兰盖尺寸　(mm)

公称通径 *DN*	连接尺寸					密封面尺寸		法兰厚度 *c*	法兰理论重量 /kg
	法兰外径 *D* 系列1/系列2	螺栓孔中心圆直径 *K*	螺栓孔直径 *L* 系列1/系列2	螺栓、螺柱 数量 *n*	螺栓、螺柱 螺纹 系列1/系列2	*d*	*f*		
10	90	60	14	4	M12	40	2	12	0.50
15	95	65	14	4	M12	45	2	12	0.60
20	105	75	14	4	M12	55	2	12	0.70
25	115	85	14	4	M12	65	2	12	0.80
32	140/135	100	18	4	M16	78	2	12	1.10
40	150/145	110	18	4	M16	85	3	14	1.50
50	165/160	125	18	4	M16	100	3	14	2.00
65	185/180	145	18	8	M16	120	3	16	2.80
80	200/195	160	18	8	M16	135	3	18	3.80
100	235/230	190	23	8	M20	160	3	20	5.80
125	270	220	26/25	8	M24/M22	188	3	22	8.60
150	300	250	26/25	8	M24/M22	218	3	24	11.90
200	360	310	26/25	12	M24/M22	278	3	26	18.70
250	425	370	30	12	M27	332	3	30	30.00
300	485	430	30	16	M27	390	4	34	45.00
350	555/550	490	34	16	M30	448	4	38	66.00
400	620/610	550	36/34	16	M33/M30	505	4	42	92.00

注：1. 表22.9-110～表22.9-112中法兰盖的技术要求按JB/T 74—1994的规定。
2. 表22.9-110～表22.9-112中系列1的连接尺寸符合ISO及DIN规定。
3. 表22.9-110～表22.9-112中理论重量为系列2法兰的重量。

表 22.9-113　高压法兰　(mm)



标记示例：
公称通径*DN*50mm，管子外径76mm，公称压力 *PN*=25MPa 的A型法兰：
法兰　A50/76-25
公称通径*DN*40mm，管子外径48mm，公称压力 *PN*=16MPa 的B型法兰：
法兰　B40/48-16

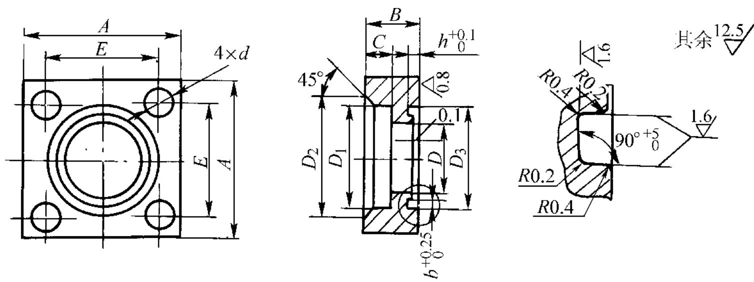
（续）

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa	D	D_1	A	B	E	螺栓	螺母	O形密封圈 GB/T 3452.1	管子尺寸（外径×壁厚）	重量/kg	
											A型	B型
40	10，16	40	49	100	80	70	M12×100	M12	45×2.65G	48×5	5.4	5.8
	25		61	110	90	75	M16×110	M16		60×10	6.5	8.7
50	10，16	50	61	110	90	75	M16×110	M16	56×2.65G	60×5	6.6	7.6
	25		77	140	110	100	M16×130	M16		76×12	14.0	16.0
65	10，16	65	77	140	110	100	M16×130	M16	75×5.3G	76×8	13.8	15.7
	25		90	160	140	120	M20×160	M20		89×12	23.1	26.3
80	10	80	90	160	140	120	M20×160	M20	90×5.30G	89×8	22.0	25.8

注：连接螺栓强度级别不低于8.8级。

表22.9-114　直通法兰　（mm）

适用于公称压力 PN 为20MPa，介质温度为 -25 ~80°C 的直通法兰。



标记示例：

公称通径 DN 为20mm 的直通法兰：直通法兰 20

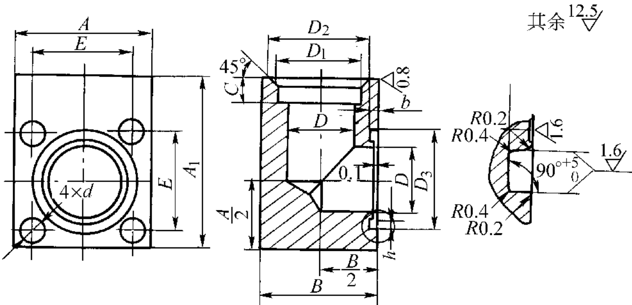
公称通径 DN	钢管 $D_0×\delta$	A	B	C	D	D_1		D_2	D_3 H11	d	b		h		E		法兰用螺钉	O形密封圈（GB/T 3452.1）	重量 /kg
10	18×2	55	22	9	12	18.5	$^{+0.3}_{0}$	28	30.3	11	3.8	$^{+0.25}_{0}$	1.97	$^{+0.1}_{0}$	36	±0.4	M10	25.0×2.65G	0.40
15	22×3	55	22	11	16	22.5		32	30.3	11	3.8		1.97		40		M10	25.0×2.65G	0.45
20	28×4	55	22	12	20	28.5		38	35.3	11	3.8		1.97		40		M10	30.0×2.65G	0.40
25	34×5	75	28	14	24	35		45	42.6	13	5.0		2.75		56		M12	35.5×3.55G	0.94
32	42×6	75	28	16	30	43		55	47.1	13	5.0		2.75		56		M12	40.0×3.55G	0.84
40	50×6	100	36	18	38	52		63	57.1	18	5.0		2.75		73		M16	50.0×3.55G	2.10
50	63×7	100	36	20	48	65		75	67.1	18	5.0		2.75		73		M16	60.0×3.55G	1.85
65	76×8	140	45	22	60	78		95	78.1	24	5.0		2.75		103		M22	71.0×3.55G	5.30
80	89×10	140	45	25	70	91		108	92.1	24	5.0		2.75		103		M22	85.0×3.55G	4.50

注：1. 直通法兰配用的螺栓按 GB/T 3098.1—2000，强度等级为8.8。

2. 直通法兰材料为20钢。

表 22.9-115　直角法兰　（mm）

适用于公称压力 PN 为 20MPa，介质温度为 -25 ~80°C 的直角法兰。



标记示例：

公称通径 DN 为 20mm 的直角法兰：直角法兰 20

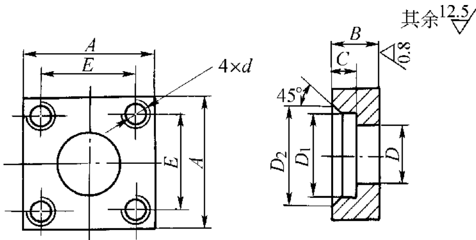
公称通径 DN	钢管 $D_0\times\delta$	A	A_1	B	C	D	D_1		D_2	D_3 H11	d	b		h		E		法兰用螺钉	O 形密封圈（GB/T 3452.1）	重量 /kg
10	18×2	55	70	45	9	12	18.5		28	30.3	11	3.8		1.97		36		M10	25.0×2.65G	0.95
15	22×3	55	70	45	11	16	22.5		32	30.3	11	3.8		1.97		40		M10	25.0×2.65G	1.12
20	28×4	55	70	45	12	20	28.5		38	35.3	11	3.8		1.97		40		M10	30.0×2.65G	1.08
25	34×5	75	92	65	14	24	35		45	42.6	13	5.0		2.75		56		M12	35.5×3.65G	2.35
32	42×6	75	92	65	16	30	43	+0.3 0	55	47.1	13	5.0	+0.25 0	2.75	+0.1 0	56	±0.4	M12	40.0×3.55G	2.10
40	50×6	100	125	85	18	38	52		63	57.1	18	5.0		2.75		73		M16	50.0×3.55G	6.75
50	63×7	100	125	85	20	48	65.5		75	67.1	18	5.0		2.75		73		M16	60.0×3.55G	6.10
65	76×8	140	170	120	22	60	78		95	78.1	24	5.0		2.75		103		M22	71.0×3.55G	18.00
80	89×10	140	170	120	25	70	91		108	92.1	24	5.0		2.75		103		M22	85.0×3.55G	17.00

注：1. 法兰配用的螺钉按 GB/T 3098.1—2000，强度等级为 8.8。

2. 法兰材料为 20 钢。

表 22.9-116　中间法兰　（mm）

适用于公称压力 PN 为 20MPa，介质温度为 -25 ~80°C 的中间法兰



标记示例：

公称通径 DN 为 20mm 的中间法兰：中间法兰 20

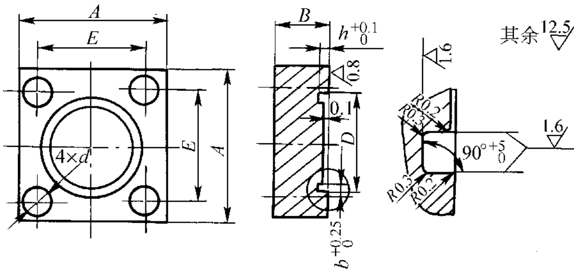
（续）

公称直径 DN	钢管 $D_0\times\delta$	A	B	C	D	D_1		D_2	d	E		重量 /kg
10	18×2	55	22	9	12	18.5	+0.3 0	28	M10	36	±0.4	0.41
15	22×3	55	22	11	16	22.5		32	M10	40		0.46
20	28×4	55	22	12	20	28.5		38	M10	40		0.41
25	34×5	75	28	14	24	35		45	M12	56		0.95
32	42×6	75	28	16	30	43		55	M12	56		0.85
40	50×6	100	36	18	38	52		63	M16	73		2.12
50	63×7	100	36	20	48	65.5		75	M16	73		1.87
65	76×8	140	45	22	60	78		95	M22	103		5.32
80	89×10	140	45	25	70	91		108	M22	103		4.52

注：1. 法兰配用的螺钉按 GB 3098.1—2000，强度等级为8.8。
2. 该法兰与直角法兰相配，用于管道中间连接。
3. 法兰材料为20钢。

表 22.9-117　法兰盖　（mm）

适用于公称压力 PN 为20MPa，介质温度为 -25～80℃的法兰盖



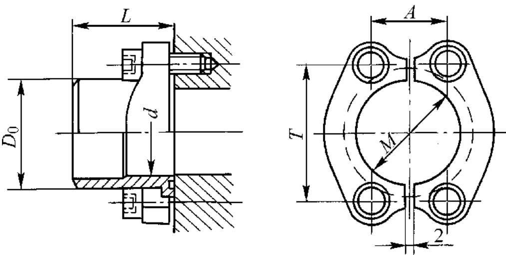
标记示例：
公称通径 DN 为20mm 的法兰盖：法兰盖 20

公称通径 DN	A	B	D	d	b		h		E		法兰盖用螺钉	O形密封圈 GB/T 3452.1	重量 /kg
10	55	22	30.3	11	3.8	+0.25 0	1.97	+0.1 0	36	±0.4	M10	25.0×2.65G	0.45
15	55	22	30.3	11	3.8		1.97		40		M10	25.0×2.65G	0.50
20	55	22	30.3	11	3.8		1.97		40		M10	30.0×2.65G	0.50
25	75	28	42.6	13	5.0		2.75		56		M12	35.5×3.55G	1.00
32	75	28	47.1	13	5.0		2.75		56		M12	40.0×3.55G	1.00
40	100	36	57.1	18	5.0		2.75		73		M16	50.0×3.55G	2.80
50	100	36	67.1	18	5.0		2.75		73		M16	60.0×3.55G	2.80
65	140	45	78.1	24	5.0		2.75		103		M22	71.0×3.55G	6.60
80	140	45	92.1	24	5.0		2.75		103		M22	85.0×3.55G	6.60

注：1. 法兰配用的螺钉按 GB/T 3098.1—2000，强度等级为8.8。
2. 法兰材料为20钢。

表 22.9-118 ~ 表 22.9-122 和图 22.9-19、图 22.9-20给出了分体式高压法兰的尺寸。

表 22.9-118　分体式高压法兰——附接法兰的型式和尺寸(A 型)　(mm)



标记示例：
公称通径 40mm，A 型 6000PSI 系列法兰：
法兰　A40-6

公称通径		工作压力 /MPa max	D_0 max	d max	A	T	L	M	螺钉 GB/T 70(8.8)	O 形密封圈 GB/T 3452.1	重量≈ /(kg/套)
mm	in										
3000PSI 法兰											
15	1/2	21	20	14	17.5	38.1	30	24.3	M8×25	19×3.55	0.32
20	3/4	21	30	20	22.3	47.6	35	32.2	M10×30	25×3.55	0.47
25	1	21	38	28	26.2	52.4	40	38.5	M10×30	32.5×3.55	0.56
32	1¼	21	42	33	30.2	58.7	45	43.7	M10×35	37.5×3.55	0.81
40	1½	21	48	42	35.7	69.9	50	50.8	M12×35	47.5×3.55	1.10
50	2	21	60	52	42.9	77.8	60	62.8	M12×35	56×3.55	1.39
65	2½	17.5	76	65	50.8	88.9	70	74.9	M12×40	69×3.55	1.96
80	3	14	89	81	61.9	106.4	80	90.9	M16×45	85×3.55	3.13
100	4	3.5	114	106	77.8	130.2	80	115	M16×50	112×3.55	5.32
125	5	3.5	140	132	92.1	152.4	80	140.5	M16×55	136×3.55	6.16
6000PSI 法兰											
15	1/2	41	20	14	18.2	40.5	40	24.6	M8×30	19×3.55	0.35
20	3/4	41	30	20	23.8	50.8	45	32.5	M10×35	25×3.55	0.66
25	1	41	38	28	27.8	57.2	50	38.8	M12×40	32.5×3.55	0.93
32	1¼	41	42	33	31.8	66.7	55	44.5	M14×45	37.5×3.55	1.98
40	1½	41	43	42	36.5	79.4	60	51.6	M16×50	47.5×3.55	2.56
50	2	41	60	52	44.5	96.8	70	67.6	M20×60	56×3.55	5.44
65	2½	32	89	65	58.7	123.8	75	89.5	M24×80	69×3.55	9.44
80	3	32	114	81	71.4	152.4	80	114.5	M30×100	85×3.55	17.63

注：表中数据与国际标准 ISO 6162《液压分体法兰》与美国机动工程师协会标准 SAEJ 518 和德国西马克公司标准 SN 532 的尺寸可以互换。

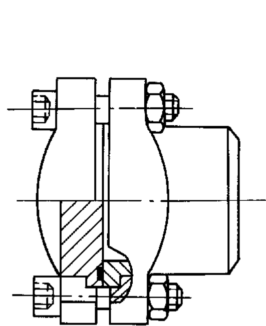


图 22.9-19　D 型—带法兰盖的连接法兰

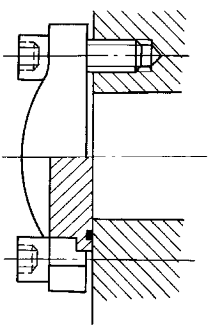
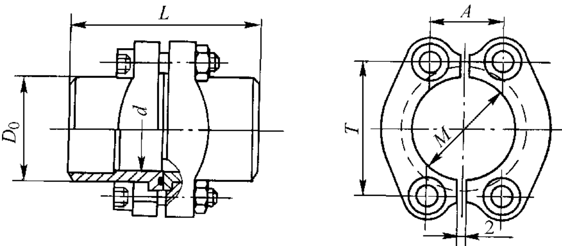


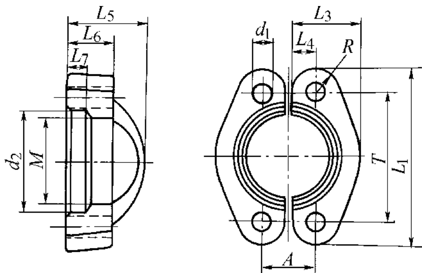
图 22.9-20　E 型—带法兰盖的附接法兰

表 22.9-119　分体式高压法兰——连接法兰的型式和尺寸(B 型)　　(mm)



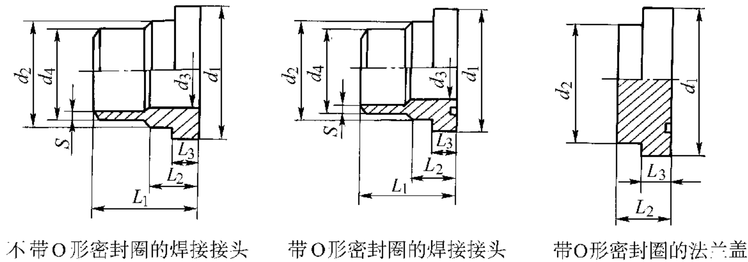
公称通径		工作压力 /MPa max	D_0 max	d max	A	T	L	M	螺母 GB/T 6170	螺钉 GB/T 70(8.8)	O 形密封圈 GB/T 3452.1	重量 /(kg/套)
mm	in											
3000PSI 法兰												
15	1/2	21	20	14	17.5	38.1	60	24.3	M8	M8 ×40	19 ×3.55	0.42
20	3/4	21	30	20	22.3	47.6	70	32.2	M10	M10 ×40	25 ×3.55	0.89
25	1	21	38	28	26.2	52.4	80	38.5	M10	M10 ×45	32.5 ×3.55	1.06
32	1¼	21	42	33	30.2	58.7	90	43.7	M10	M10 ×45	37.5 ×3.55	1.55
40	1½	21	48	42	35.7	69.9	100	50.8	M12	M12 ×50	47.5 ×3.55	2.05
50	2	21	60	52	42.9	77.8	120	62.8	M12	M12 ×50	56 ×3.55	2.70
65	2½	17.5	76	65	50.8	88.9	140	74.9	M12	M12 ×60	69 ×3.55	3.85
80	3	14	89	81	61.9	106.4	160	90.9	M16	M16 ×70	85 ×3.55	6.12
100	4	3.5	114	106	77.8	130.2	160	115.0	M16	M16 ×80	112 ×3.55	10.50
125	5	3.5	140	132	92.1	152.4	160	140.5	M16	M16 ×80	136 ×3.55	12.11
6000PSI 法兰												
15	1/2	41	20	14	18.2	40.5	80	24.6	M8	M8 ×45	19 ×3.55	0.67
20	3/4	41	30	20	23.8	50.8	90	32.5	M10	M10 ×50	25 ×3.55	1.27
25	1	41	38	28	27.8	57.2	100	38.8	M12	M12 ×65	32.5 ×3.55	1.92
32	1¼	41	42	33	31.8	66.7	110	44.5	M14	M14 ×70	37.5 ×3.55	3.85
40	1½	41	48	42	36.5	79.4	120	51.6	M16	M16 ×80	47.5 ×3.55	4.98
50	2	41	60	52	44.5	96.8	140	67.6	M20	M20 ×100	56 ×3.55	10.65
65	2½	32	89	65	58.7	123.8	150	89.5	M24	M24 ×120	69 ×3.55	18.04
80	3	32	114	81	71.4	152.4	160	114.5	M30	M30 ×140	85 ×3.55	33.64

表 22.9-120　分体式高压法兰　（mm）



公称通径 DN	工作压力 /MPa	A	T	M	L_1	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	d_1	d_2	R	重量 /kg
3000PSI 法兰														
15	21	17.5	38.1	24.3	54	22	8	19	13	6.2	9	31	8	0.20
20	21	22.3	47.6	32.2	65	25	10	22	14	6.2	11	38.9	9	0.24
25	21	26.2	52.4	38.5	70	28.5	12	22	14	7.5	11	45.3	9	0.30
32	21	30.2	58.7	43.7	80	35.5	14	24	16	7.5	11	51.6	10	0.50
40	21	35.7	69.9	50.8	94	40.5	17	25	16	7.5	13.5	61.1	12	0.66
50	21	42.9	77.8	62.8	102	47.5	20.5	26	16	9	13.5	72.3	12	0.85
65	17.5	50.8	88.9	74.9	115	49.5	24.5	38	19	9	13.5	84.9	13	1.26
80	14	61.9	106.4	90.9	135	64.5	30	41	21	9	17.5	102.4	14	2.00
100	3.5	77.8	130.2	115.0	163	72.5	38	35	24	10.7	17.5	127.8	16	3.85
125	3.5	92.1	152.4	140.5	184	81.5	45	41	30	10.7	17.5	153.2	16	4.36
6000PSI 法兰														
15	41	18.2	40.5	24.6	56	23	8	22	16	7.2	9	32.5	8	0.22
20	41	23.8	50.8	32.5	71	29	11	28	19	8.2	11	42	10	0.41
25	41	27.8	57.2	38.8	81	34	13	33	24	9.0	13.5	48.4	12	0.57
32	41	31.8	66.7	44.5	95	38	15	38	27	9.8	15.5	54.8	14	1.34
40	41	36.5	79.4	51.6	113	46.5	17	43	30	12.0	17.5	64.3	17	1.62
50	41	44.5	96.8	67.6	133	56	21	52	37	12.0	22	80.2	18	3.64
65	32	58.7	123.8	89.5	175	74	28	—	45	20.0	26	108.5	25	5.75
80	32	71.4	152.4	114.5	215	88	35	—	55	25.0	32	132.5	31	10.20

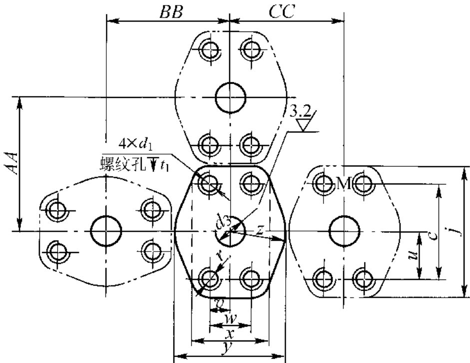
表 22.9-121　分体式高压法兰——焊接接头和法兰盖的型式和尺寸　（mm）



（续）

公称通径 DN	工作压力 /MPa	d_1	d_2	d_3 max	L_1	L_2	L_3	推荐管子尺寸 $d_4\times\delta$	重量/kg	
									焊接接头	法兰盖
3000PSI 法兰										
15	21	30.1	24	14	30	13	6.8	20×2.5	0.062	0.06
20	21	38.1	31.5	20	35	14	6.8	25×3.0	0.122	0.105
25	21	44.4	38	28	40	14	8	30×4.0	0.150	0.15
32	21	50.8	43	33	45	16	8	38×3.0	0.186	0.22
40	21	60.3	50	42	50	16	8	48×2.6	0.230	0.302
50	21	71.0	62	52	60	16	9.6	60×2.9	0.363	0.45
65	17.5	84.1	74.5	65	70	19	9.6	76×2.9	0.513	0.74
80	14	101.6	89	81	80	21	9.6	89×3.2	0.720	1.168
100	3.5	127	114	106	80	24	11.3	114×3.6	1.03	2.14
125	3.5	152.4	140	132	80	30	11.3	140×4.0	1.33	3.88
6000PSI 法兰										
15	41	31.7	24	14	40	16	7.8	20×3.0	0.065	0.074
20	41	41.3	32	20	45	19	8.8	25×4.0	0.130	0.157
25	41	47.6	38	28	50	24	9.5	30×5.0	0.230	0.263
32	41	54.0	44	33	55	27	10.3	38×6.0	0.340	0.384
40	41	63.5	51	42	60	30	12.6	48×8.0	0.503	0.592
50	41	79.4	67	52	70	37	12.6	60×10.0	0.960	1.165
65	32	108	89	65	75	45	20.5	76×12.5	2.090	2.67
80	32	132	114	81	80	55	25.5	89×14.2	4.230	5.10

表 22.9-122 与分体式高压法兰连接的平面要求和相关尺寸 （mm）



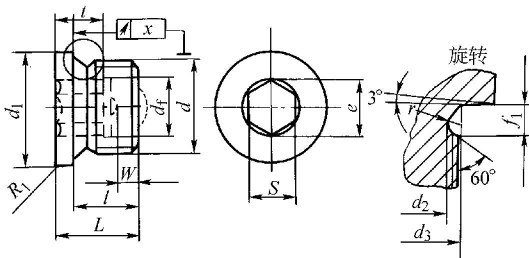
（续）

公称通径 DN	工作压力 /MPa	d_3 0 −1.5	j	c ±0.25	r	u ±0.25	v ±0.25	w ±0.25	x min	y	z	d_1	t_1 min	AA	BB	CC
3000PSI 法兰																
15	21	12.7	54	38.1	8	19.05	8.75	17.5	33	46	23	M8×1.25	12.5	56	52	49
20	21	19.1	65	47.6	9	23.8	11.15	22.3	41	52	26	M10×1.5	16.5	68	61	55
25	21	25.4	70	52.4	9	26.2	13.1	26.2	48	59	29	M10×1.5	16.5	72	67	61
32	21	31.8	79	58.7	10	29.35	15.1	30.2	54	73	37	M10×1.5	19.5	82	78	75
40	21	38.1	94	69.9	12	34.95	17.85	35.7	64	83	41	M12×1.75	19.5	96	90	85
50	21	50.8	102	77.8	12	38.9	21.45	42.9	76	97	49	M12×1.75	19.5	104	102	99
65	17.5	63.5	114	88.9	13	44.45	25.4	50.8	89	109	54	M12×1.75	21.5	117	114	111
80	14	76.2	135	106.4	14	53.2	30.95	61.9	106	131	66	M16×2	24.5	137	136	133
100	3.5	101.6	162	130.2	16	65.1	38.9	77.8	132	152	76	M16×2	26.5	165	160	155
125	3.5	127	184	152.4	16	76.2	46.05	92.1	151	181	90	M16×2	27.5	186	185	183
6000PSI 法兰																
15	41	12.7	56	40.5	8	20.25	9.1	18.2	38	48	24	M8×1.25	14.5	59	56	53
20	41	19.1	71	50.8	10	25.4	11.9	23.8	48	60	30	M10×1.5	16.5	75	70	66
25	41	25.4	81	57.2	12	28.6	13.9	27.8	54	70	35	M12×1.75	16.5	84	80	75
32	41	31.8	95	66.6	14	33.3	15.9	31.8	60	78	39	M14×1.75	18.5	99	90	83
40	41	38.1	113	79.3	17	39.65	18.25	36.5	70	95	48	M16×2	20.5	116	108	101
50	41	50.8	133	96.8	18	48.4	22.25	44.5	86	114	57	M20×2.5	23.5	137	128	120
65	32	63.5	175	123.8	26	61.9	29.35	58.7	115	150	75	M24×3	35.5	178	167	156
80	32	76.2	215	152.4	31	76.2	35.7	71.4	139	178	89	M30×3.5	45.5	219	200	184

注：AA、BB、CC 尺寸只适用于同规格在一起组合使用，不同规格的法兰组合使用时，该尺寸另行确定。

4.12　螺塞（见表 22.9-123 ~ 表 22.9-125）

表 22.9-123　内六角螺塞（PN = 31.5MPa）　（mm）



标记示例：

材料 35 钢

d = M20×1.5 的内六角螺塞：螺塞 M20×1.5

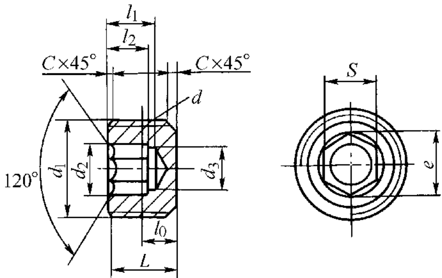
d = G3/8A 的内六角螺塞：螺塞 G3/8A

（续）

d			d_1	d_2	d_3	e	l	L	S	t	W	f_1 $^{+0.3}_{0}$	x	重量/kg
米制螺纹		管螺纹	h14	$^{0}_{-0.2}$	$^{0}_{-0.3}$	⩾	±0.2	≈	D12	⩾	⩾			(1000件)
M8×1		—	14	6.4	8.3	4.6	8	11	4	3.5	3	2	0.1	6.4
M10×1		G1/8A	14	8.3	10	5.7	8	11	5	5	3	2		6.34
M12×1.5		—	17	9.7	12.3	6.9	12	15	5.5	7	3	3		11.3
—		G1/4A	18	11.2	13.4	6.9	12	15	5.5	7	3	3		14.6
M14×1.5		—	19	11.7	14.3	6.9	12	15	5.5	7	3	3		16.0
M16×1.5		—	21	13.7	16.3	9.2	12	15	8	7.5	3	3		19.0
—		G3/8A	22	14.7	17	9.2	12	15	8	7.5	3	3		21.4
M18×1.5		—	23	15.7	18.3	9.2	12	16	8	7.5	3	3		28.3
M20×1.5		—	25	17.7	20.3	11.4	14	18	10	7.5	4	3		37.5
—		G1/2A	26	18.4	21.3	11.4	14	18	10	7.5	4	4		40.8
M22×1.5		—	27	19.7	22.3	11.4	14	18	10	7.5	4	3	0.2	47.5
M24×1.5		—	29	21.7	24.3	13.7	14	18	11	7.5	4	3		53.5
M26×1.5		—	31	23.7	26.3	13.7	16	20	11	9	4	3		68.7
—	M27×2	G3/4A	32	23.9	27	13.7	16	20	11	9	4	4		73.5
M30×1.5	M30×2	—	36	27.7	30.3	19.4	16	20	16	9	4	4		84.0
—	M33×2	G1A	39	29.9	33.3	19.4	16	21	16	9	4	4		111
M36×1.5	M36×2	—	42	33	36.3	21.7	16	21	18	10.5	4	4		134
M38×1.5	—	G1⅛A	44	35	38.3	21.7	16	21	18	10.5	4	4		149
—	M39×2	—	46	36	39.3	21.7	16	21	18	10.5	4	4		163
M42×1.5	M42×2	G1¼A	49	39	42.3	25.2	16	21	21	10.5	4	4		187
M45×1.5	M45×2	—	52	42	45.3	25.2	16	21	21	10.5	4	4		215
M48×1.5	M48×2	G1½A	55	45	48.1	27.4	16	21	24	10.5	4	4		246
M52×1.5	M52×2	—	60	49	52.3	27.4	16	21	24	10.5	4	4		302
—	—	G1¾A	62	50.4	54	36.6	20	25	32	14	4	5		320
—	M56×2	—	64	53	56.3	36.6	20	25	32	14	4	4		386
—	M60×2	G2A	68	56.3	60.3	36.6	20	25	32	14	4	4		445
—	M64×2	G2½A	72	61	64.3	36.6	20	25	32	14	4	4		530
—	—	—	84	71.2	75.6	36.6	26	34	32	20	6	5		1110
—	—	G3A	100	83.9	88.4	36.6	26	34	32	20	6	5		1530

注：d_f 尺寸由制造厂确定。

表22.9-124　55°锥管螺纹内六角螺塞（PN=10MPa）、
60°圆锥管螺纹内六角螺塞（PN=16MPa）　　（mm）

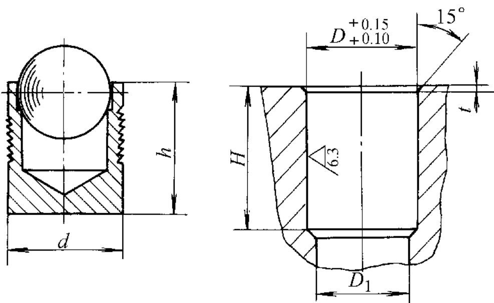


标记示例：
材料35钢
（a）d 为 NPT1/4 的锥螺纹内六角螺塞：螺塞 NPT1/4
（b）d 为 R1/4 的锥管螺纹内六角螺塞：螺塞 R1/4

（续）

(a) 60°圆锥管螺纹内六角螺塞						(b) 锥管螺纹内六角螺塞						(a)、(b)					重量/kg
锥螺纹 d	d_1	l_0	l_1	L	C	锥管螺纹 d/in	d_1	l_0	L_1	L	C	d_2	d_3	l_2	S	e	
NPT1/8	10.486		45	8	1	R1/8	9.929	4.0	4	8	1	6	5	3.5	5	5.8	0.003
NPT1/4	18.750				1.5	R1/4	13.406	6	6	10	1.5	7.5	6	4	5.5	5.7	0.006
NPT3/8	17.300	6.096	6	10		R3/8	17.035	6.4	7	12		9.5	8	5	8	9.2	0.014
NPT1/2	21.460	8.128	8	12		R1/2	21.42	8.2	9	15	2	12	10	7	10	11.5	0.30
NPT3/4	26.960	8.611	10	15		R3/4	26.968	9.5	11	18		14	12	9	13	15	0.54
NPT1	33.720	10.160	12	18	2	R1	33.81	10.4	12	20		17	14	10	16	18.5	0.102

表 22.9-125　液压气动用球涨式堵头安装尺寸　（mm）



d	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	22
h	4	5.5	6.5	7.5	8.5	10	11	13	15	16	17	19	21.5	23.5
D	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	22
H	≥5	≥6.5	≥7.5	≥8.5	≥9.5	≥11	≥12	≥14	≥16	≥17	≥18	≥20	≥22.5	≥24.5
D_1	≤3	≤4	≤5	≤6	≤7	≤8	≤9	≤10.5	≤12.5	≤13.5	≤14.5	≤16.5	≤18	≤20
t	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

4.13　管夹（见表 22.9-126 ~ 表 22.9-130）

管夹是布管中常用的部件，在较大的泵站中也用它固定管道，防止振动。

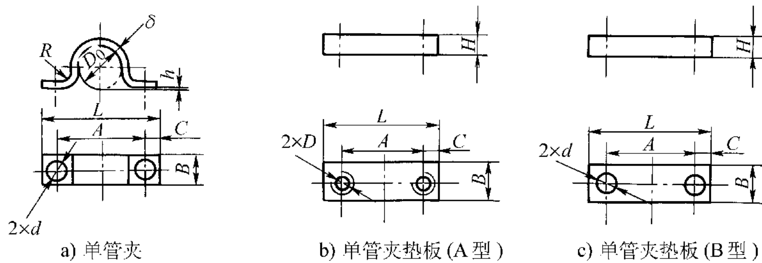
表 22.9-126 是管夹安装的推荐距离。当弯管用管夹固定时，管夹应尽量靠近弯管圆弧起点。

表 22.9-126　管夹安装的推荐距离

管道外径/mm	管夹距离/m	管道外径/mm	管夹距离/m
6 ~ 14	0.9	40，48.3	2.5
15 ~ 22	1.2	50 ~ 57	3
23 ~ 28	1.5	60.3 ~ 70	3.4
30，38	2	73 ~ 88.9	3.7

表 22.9-127　单管夹、单管夹垫板　（mm）

材料：Q235 表面镀锌、发蓝或发黑处理



a) 单管夹　　b) 单管夹垫板 (A 型)　　c) 单管夹垫板 (B 型)

标记示例：

管子外径 D_0 为 14mm 用的单管夹：单管夹　14

管子外径 D_0 为 22mm 用的单管夹螺孔垫板：管夹垫板　A22

管子外径 D_0 为 22mm 用的单管夹光孔垫板：管夹垫板　B22

管道外径 D_0	A	L	C	B	d	单管夹			垫板		重量/kg	
						δ	h	R	H	D	单管夹	垫板
6	25	40	7.5	15	7	2	2	2	8	M6	0.011	0.035
8	28	43									0.013	0.038
10	30	45									0.017	0.04
12	32	47									0.019	0.043
14	35	50									0.021	0.044
16	38	53									0.022	0.046
18	40	55									0.023	0.048
22	45	60									0.025	0.05
24	48	63									0.026	0.052
28	50	65									0.027	0.054
34	65	85	10	20	9	3	5	3	14	M8	0.08	0.16
42	70	90									0.098	0.18
48	80	100									0.106	0.20
60	90	110									0.113	0.24
76	110	135	12.5	25		4					0.140	0.34
89	125	150									0.150	0.40

表 22.9-128　大直径单管夹　（mm）

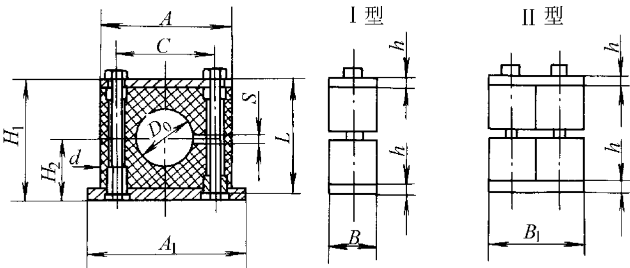
材料：Q235 表面镀锌或发蓝(黑)处理

标记示例：

管子外径 D_0 为 146mm 用的大直径单管夹：管夹 146

管子外径 D_0	d	h	L_1	L_2	螺栓	展开长度 ≈	重量 /kg
127	129	124	265	215	M20×35	440	2.10
140	142	137	278	228		480	2.18
146	148	143	285	235		490	2.22
152	155	150	292	242		510	2.36
159	162	156	300	250	M20×40	525	2.42
168	171	166	310	260		550	2.51
180	183	178	320	270		580	2.65

表 22.9-129　塑料管夹(B 型)尺寸　　(mm)

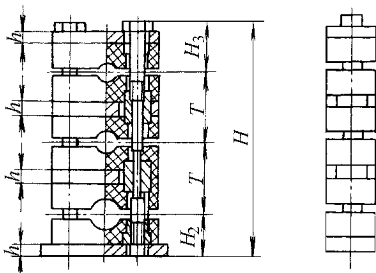


标记示例：
塑料管夹 B(Ⅰ) 28

型式	管道外径 D_0	A	A_1	B	B_1	C	H_1	H_2	h	S	螺　栓		重量/kg	
											d	L	Ⅰ型	Ⅱ型
	10 12 14 16	55	73			33	48	21				45	0.3	0.6
Ⅰ	18 20 22 25 28	70	85	30	60	45	64	32	8	2	M10	60	0.4	0.8
	32 34 40 42	84	100			60	76	38				70	0.5	1.0
	48 50 57 60 63.5	115	150	45	90	90	110	55	10	3	M12	100	1.8	3.6
Ⅱ	76 89	152	200	60	120	122	140	70		3.5	M16	130	2.5	5.0
	102 108 111 127	205	270	80	160	168	200	100	15	4.5	M20	190	5.5	11
	133 140 159 168	250	310	90	180	205	230	130			M24	220	8	16

注：适用于压力≤31.5MPa 和有一定振动的管道。

表 22.9-130　塑料管夹(B 系列Ⅰ型)组合安装尺寸　　(mm)



（续）

管道外径 D_0	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	34	40	42	48	50	57	60
H_3	31				39					45				63			
T	40				56					68				100			

管道外径 D_0	63.5	76	89	102	108	114	127	133	140	159	168
H_3	63	80		113				130			
T	100	130		185				215			

注：同一外形尺寸的 B 系列Ⅰ型管夹，可叠加成组安装，但最多至五层。
　标记示例：
　塑料管夹　B（Ⅰ）　22×3-28×2

5　液压泵站的设计与注意事项

5.1　液压泵站的设计与注意事项（见表 22.9-131）

表 22.9-131　液压泵站的设计与注意事项

设计运行应注意的问题	说　明
1. 柱塞泵安装位置应低于油箱液面 液面位置　柱塞泵 旁置式液压站 好　　　　差	柱塞泵与其他型式的液压泵比较，其自吸性能差。如果柱塞泵吸油口距离油液面较高，则容易吸空而使泵损坏，因此，通常将柱塞泵置于低于油箱中的油液面，这样可以使油液以一定的压力流入泵的吸油口，从而解决了其自吸能力差的问题
2. 大功率液压站泵与油箱应采用软管连接 硬管连接　　连接软管（又称隔振喉） 差　　　　好	泵的吸油口必须与油管相连来吸取液压油。对于大功率液压系统，电动机的功率很大，泵的流量和压力也很高，会产生较大的机械振动。为了使泵、电动机的振动不直接传到油箱而引起油箱的共振，应采用橡胶软管来连接油箱和泵的吸油口
3. 液压泵置于油箱盖上时，油箱应有足够的强度 $t>3b$　b　　$t=b$　b 上置式液压站（卧式安装） 好　　　　差	有些小型液压站为了节省占地而设计成液压泵和电动机置于油箱盖之上。这样，就要求油箱有足够的强度以避免振动和噪声的产生。根据液压泵和电动机功率的大小，油箱盖的厚度应为油箱侧壁厚的 3 倍以上。对油箱盖较大的情况，应设置加强强度的辅助结构

（续）

设计运行应注意的问题	说　明
4. 液压泵的转速不宜过高	液压泵有额定转速，不允许在使用中转速过高，以免造成泵吸油不充分、磨损加剧、寿命降低等问题。通常齿轮泵和叶片泵最大转速为 2000r/min，而柱塞泵在转速为 1000r/min 下工作为宜，不得超过 1500r/min
5. 液压站内注油应采用过滤精度相适合的滤油小车加油 液压站油箱　油桶　液压站油箱　滤油小车　油桶 误　正	向油箱内注入新的液压油需达到液压系统对工作介质清洁度指标的要求，否则将会对系统造成污染。整桶的油品购入时，其清洁度指标不能满足普通液压系统正常工作要求，为保证液压系统能安全可靠地运行，应采用适中过滤精度的滤油小车进行注油，加油过程应注意清洁，防止污染物的侵入
6. 液压系统必须设置压力调节和显示装置 M　M 误　正	一个完整的液压系统必须有压力调节装置，如溢流阀，以维持系统的压力稳定，并防止系统超压爆裂的危险，设置了调压装置，还要有观测压力的显示装置，如压力表，这样可以知道压力设定值，超压溢流
7. 无压力表的液压系统不可盲目调压	通常液压系统必须配有压力表以显示系统压力。对于无压力表的系统，切不可轻易进行调压，因为盲目调压可能会使压力过高而造成重大事故
8. 系统不允许在执行元件运动状态下调节系统压力	在执行元件运动时调节工作压力是不正确的。因为执行元件运动时只是克服摩擦力，而表压也只能反映出克服摩擦力所需的压力，不能反映出调整所需求的工作压力。正确的方法是执行元件停止运动（即死挡铁状态）时，调定系统溢流阀来确定系统工作压力

5.2　液压集成块的设计与注意事项(见表 22.9-132)

表 22.9-132　液压集成块的设计与注意事项

设计运行应注意的问题	说　明
1. 液压集成块钻相交孔最大偏心距不大于规定值 $\frac{e}{D}>30\%$ 差　$\frac{e}{D}<30\%$ 好	集成块钻孔多为直角相交，有时两个直角相交孔的轴线不完全相交，称其偏心为 e，e 相对于孔径 D 之比称为相对偏心率，即 $E=e/D$。经试验及回归分析得到局部阻力系数 ξ 的经验公式，$\xi=1.60+0.16E^{0.64}$，当 E 小于 30% 时，阻力系数 ξ 可以接受
2. 液压集成块油口间的间距应注意管接头旋转空间 误　正	集成块油口应为内螺纹，而拧入的管接头为外六角，这样就应有接头旋转和扳手空间，应避免油口之间距离太近而产生干涉
3. 液压集成块通道应尽量避免斜孔 差　好	集成块孔道的加工为钻孔，为了防止钻头损坏尽量避免斜孔
4. 液压集成块孔间距壁厚 δ 不宜小于 5mm	集成块钻孔时，两个孔道间的壁厚应有足够的强度以免油压破坏孔壁，通常设计壁厚大于 5mm
5. 液压集成块深孔应考虑加工可能性 $h>25d$ 差　$h<25d$ 好	集成块孔道为钻孔，钻深孔时，钻头容易损坏，通常钻孔深度不宜超过 25 倍孔径

5.3　液压油箱的设计与注意事项(见表 22.9-133)

表 22.9-133　液压油箱的设计与注意事项

设计运行应注意的问题	说　明
1. 油箱底面应设计成斜坡状 放油口	液压系统运行一定时间后，需更换液压油，为了使液压油能排放尽并带走底部的沉淀，油箱底面应设计成斜坡状
2. 油箱底不可做成双层底面 误　正	由于油箱具有散热作用，在设计油箱时不能因为油箱要求斜形底面，而再加一层底面形成双层底面，不利于散热
3. 油箱底面不应与底面接触 $l \geqslant 150$ 正　误	考虑到使油箱底面充分散热，油箱应带有油箱腿，而不应让底面直接落在地面上，通常油箱腿高不小于 150mm
4. 泵吸油口不可离油箱底面太近，$l<3d$，误；$l>3d$，正 d l	在油箱底面会沉淀一些油液中的杂质。设计泵吸油管时，应尽量避免吸油管太低而将杂质吸入泵内，一般吸油管应高于底面 3 倍管径的距离

（续）

设计运行应注意的问题	说　明
5. 液压系统回油管出口应浸在液面以下 正　　误	油箱中的系统回油管应伸到油面以下，这样可以避免回油飞溅而产生气泡和噪声
6. 较大的油箱应设置隔板，将吸油管和回油管隔开 好　　差	对于容积较大的油箱，应中间设置隔板，使系统吸油管与回油管分别置于隔板的两侧，这样可以增加液流循环途径，提高散热、分离空气的效果。隔板还可有效地防止回油杂质进入吸油一侧
7. 油箱隔板应有适宜的高度以免液压泵吸空	油箱设置隔板，隔板的高度应适当，隔板过低不起作用，过高则在泵吸油时，油箱吸油侧油面将下降，因为隔板太高，回油侧的油液不能及时经过隔板上端进入吸油侧，而造成液压泵吸空
8. 油箱应封闭防尘 空气过滤器 误　　正	为了防止灰尘、杂质等进入油箱内污染油液，油箱设计应密封防尘，油箱盖与箱体之间应采用橡胶垫密封，而箱盖上设置空气过滤器使油箱与大气相通，但空气中的灰尘不能进入油箱之内
9. 油箱上空气过滤器的大小选型按照泵流量考虑	封闭的油箱通过空气过滤器与大气沟通。当泵开始抽油时，油箱液面下降，空气则通过空气过滤器进入油箱而补充液面下降出现的空间，液面下降的速度与液压泵的流量有关，为了及时补充足够的空气以避免油箱内出现真空，空气过滤器的通流量应大于液压泵的流量，以便空气及时补充液位的下降
10. 吸油管密封要严，不得漏气	从泵的吸油口到油液面以下的吸油管路，在安装运行时一定要确保密封，不得与空气接通，以免被泵吸入空气造成因吸油不足而产生相关故障
11. 油箱内的吸油及回油管端部宜加工成45°斜面 差　　好	油管端部制成45°斜面，以加大吸油管及回油管端部的面积，使流经此处的油流速度减缓，避免流速过快造成吸油阻力大、吸空及气蚀现象，另一方面，回油冲溅大，不利于油液的沉淀及气体的分离

（续）

设计运行应注意的问题	说　明
12. 油箱内壁宜采用喷塑工艺	油箱除特殊的不锈钢油箱外，均采用普通钢板制作，由于使用环境、气候、油温变化大等因素，油箱内壁极易锈蚀，造成对油液的污染，为此人们采用过多种处理工艺，如内壁喷漆、涂树脂、喷涂氧化铝、镀锌、喷塑等。从目前使用、观察来看，内壁采用喷塑工艺效果最佳，塑料以它耐酸碱性、附着力好、抗冲击力强、塑层均匀美观、光亮等优点，受到用户的好评
13. 油箱应根据需要设置相应的清洗口	设置清洗口是为了方便油箱内部的维护，如定期地清洗油箱，清除沉淀物，观察防护层，调整、更换内置式液位发信器等。清洗口的大小、数量及位置要根据油箱的大小、隔板的设置而定，总之要以方便用户徒手进行维护为目的
14. 具有外泄漏的元件的泄漏油管与回油管连通时，不得有背压 好　　差	有些液压元件带有外泄漏油接口，如柱塞泵、摆线马达等。这些泄漏油通常要求直接引回油箱。如果与回油管连通而间接回油，回油管一定不得有背压，因为如果有一定的背压可能造成元件密封的损坏

5.4　液压管路的设计与注意事项(见表 22.9-134)

表 22.9-134　液压管路的设计与注意事项

设计运行应注意的问题	说　明
1. 液压管路较长时应使用管夹固定	为了减小液压管路的振动，对于较长的管路，每隔 2m 间距应使用管夹将管路固定
2. 应尽量减少接头、转弯的数量及管子的长度	为了减小液流的局部阻力损失，应减小接头和转弯的数量，尤其减少直角弯头数量。为了减少液流沿程阻力损失，管子长度不宜过长
3. 弯曲管路的曲率应尽量小 差　　好	管路弯曲应注意防止其被压扁，其圆周的形状偏差应小于 5mm。这样可以减小局部阻力损失，因此弯曲管路的曲率应尽可能小

（续）

设计运行应注意的问题	说　明
4. 使用焊接式管接头的管路应保证拆卸方便	使用焊接式管接头配置管路比较方便，但应注意管子两端应都是可拆卸的活接头。对于较长的管子，应适当接入一些活节，以便拆卸管路
5. 管子用法兰连接时，法兰必须在管路平直部分接合 正　误	使用法兰连接的管路，为了保证法兰连接处的密封效果，法兰必须在管路平直部分接合，且无应力存在
6. 在管路适当地方应设置测压孔，以便检查	对于液压系统应能测量出各工作位置的压力情况，因此通常在一些适当的管路位置设置测压点，接入测压接头以便检查
7. 油管配置后应进行酸洗	系统油路预配管后，将油管拆下来进行酸洗，以便清除铁锈及杂质。酸洗时螺纹处必须涂耐酸材料
8. 执行机构的液压胶管应避免与其他构件摩擦	液压执行机构存在移动时，应使用胶管来连接油路。安装时应避免胶管与其他构件接触，相对移动摩擦能使胶管损坏
9. 胶管的弯曲同胶管接头应在同一运动平面上，以防扭转 正确　不正确　正确　不正确　正确　不正确 隔热板	胶管安装接通油路应注意当胶管移动时，胶管不允许受到扭曲力。因此，胶管只能在同一运动平面移动、弯曲，对于胶管的安装可综合参考左面示图
10. 胶管连接管路应有一定的余量	采用胶管连接管路，在长度上不能连接太紧，应留有一定的长度余量，使胶管有一定的弯曲力以防止将胶管拉坏

（续）

设计运行应注意的问题	说　明
11. 胶管曲率半径应大于管径 10 倍以上 	胶管在系统管路连接中存在弯曲，或随执行机构运动弯曲量不断变化，使用中，为了避免胶管折坏或折扁，其曲率半径应大于其管径 10 倍以上
12. 平行或交叉布置的管路之间应有 10mm 以上的空隙	为了方便拆装管路接头和安装管夹，以及防止管路振动相互传导，管路之间应该留有 10mm 以上的间隙
13. 装有蓄能器的液压系统，拆卸管路前，必须先将蓄能器中的油压卸掉	装有蓄能器的液压系统，正常工作时，蓄能器中充满了压力油液。如果要拆卸管路进行维修，必须先将蓄能器中油压通过阀门卸掉。否则拆卸管路时，蓄能器内压力突然释放，使管件崩开，油液外泄，甚至造成人身伤害
14. 管路焊接前管子端面需打坡口 	无缝钢管壁厚≥3mm 时，其焊接端面均需加工 V 形坡口，以采用机械加工的方法为好，其目的是使管路焊接彻底、牢固、强度好、耐压高，另一方面焊缝平整美观，坡口常采用双边 60°型式
15. 管路切割忌讳采用火焰切割 	管路的切割一般采用切管机、砂轮锯以及专用工具等切割方式。只有当直径较大的管子，用上述方式无法切割时，才可考虑采用火焰切割，切割后要用砂轮机对管口进行打磨、规整，去除熔渣、氧化铁皮及修磨产生的砂粒等，因此清除的工作量较大，如处理得不彻底，将对系统造成污染
16. 压力管路应在管路高点位置设置排气接头 	液压系统在安装、维修及长期停工过程中都会造成气体的渗入，由于气体有很大的可压缩性，尤其存积在压力管及吸油管路中，对系统的危害最大，会使运动部件产生爬行，使系统产生冲击、振动、噪声及发热等一系列故障。所以应在压力管路高点设置排气接头，将管路中存积的气体排出

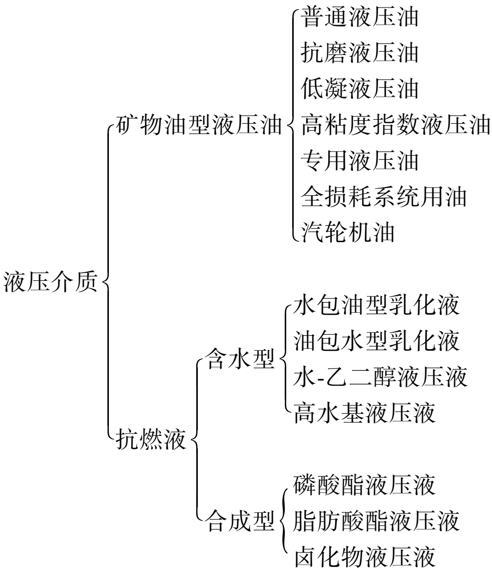
（续）

设计运行应注意的问题	说　　明
17. 不允许在管路表面采用焊接型式固定管道 管路　管夹 焊点　预埋件 误　　正	系统在换向和卸压过程中均会造成管路的冲击及振动现象。为减小管路的振动，通常采用液压管夹将其固定，不要为方便配管将管路与机架或在预埋件上采用焊接管子的方法进行固定，这种错误会使管路无法进行维护。另外，在管壁上的焊点会造成对压力管路局部强度的伤害，长期振动疲劳后容易发生事故，所以这种方法是不允许的

第 10 章　液 压 介 质

1　液压介质的分类与产品符号

工程中常用液压介质分类如下：



液压介质分类与产品符号见表 22.10-1。

表 22.10-1　液压介质的分类与产品符号

（摘自 GB/T 7631.2—2003）

组别符号	应用范围	特殊应用	更具体应用	组成和特性	产品符号 ISO-L
H	液压系统	流体静压系统		无抑制剂的精制矿油	HH
				精制矿油，改善防锈与抗氧性	HL
				HL 油，改善抗磨性	HM
				HL 油，改善粘温性	HR
				HM 油，改善粘温性	HV
				无特定难燃性的合成液	HS
			用于使用环境可接受液压液的场合	甘油三酸酯	HETG
				聚乙二醇	HEPG
				合成酯	HEES
				聚 α 烯烃和相关烃类产品	HEPR
			液压导轨系统	HM 油，并具有抗粘-滑性	HG
			用于使用难燃液压液的场合	水包油型乳化液	HFAE
				化学水溶液	HFAS
				油包水乳化液	HFB
				含聚合物水溶液①	HFC
				磷酸酯无水合成液①	HFDR
				其他成分的无水合成液①	HFDU

① 这类液体也可以满足 HE 品种规定的生物降解性和毒性要求。

液压介质产品可用统一的形式表示，如：ISO-L-HM32（可缩写成 L-HM32）。该符号中，L 表示类别（润滑剂、工业用油和相关产品）；HM 表示介质的品种（具有抗磨、防锈和抗氧性的精制矿油；32 是粘度等级代号（GB/T 3141—1994 中规定的粘度等级）。

2　液压介质的性质

2.1　密度

单位容积液压介质的质量称为密度。常温下各种液压介质的密度值见表 22.10-2。

表 22.10-2　液压介质的密度

（$kg \cdot m^{-3}$）

介质种类	矿油型液压油	水包油乳化液	油包水乳化液	水-乙二醇液压液	磷酸酯液压液	高水基液压液
密度 ρ	850 ~ 960	990 ~ 1000	910 ~ 960	1030 ~ 1080	1120 ~ 1200	1000

液压介质的密度随温度升高而减小，其关系为

$$\rho = \rho_0 - \beta(t - t_0) \qquad (22.10\text{-}1)$$

式中　ρ、ρ_0——温度为 t、t_0 时的液体密度。

当 $t_0 = 20℃$ 时，β 和 ρ_0 的关系见表 22.10-3。

表 22.10-3　β 与 ρ_0 的关系

$\rho_0/kg \cdot m^{-3}$	700	750	800	850	900	950	999
$\rho/[\times 10^3 kg/m^3 \cdot ℃^{-1}]$	890	837	765	699	633	567	515

2.2 粘度、粘度与温度的关系

(1) 粘度

液压介质的粘度常用的有动力粘度μ、运动粘度ν与恩氏粘度°E。

恩氏粘度°E与运动粘度ν(单位:mm^2/s)之间的换算关系:

当°$E>3.2$时

$$\nu=\left(7.6°E-\frac{4}{°E}\right) \qquad (22.10\text{-}2)$$

当$1.35\leqslant°E\leqslant3.2$时

$$\nu=\left(8°E-\frac{8.64}{°E}\right) \qquad (22.10\text{-}3)$$

恩氏粘度°E与运动粘度ν之间的换算,也可由表22.10-4查出。

(2) 粘度与温度的关系

液压系统中常用的矿物油型液压油,当40℃时的运动粘度小于135mm^2/s时,且温度在30~150℃范围内,可用下列经验公式来计算不同温度时的液压油的运动粘度

$$\nu_t=\nu_{40}\left(\frac{40}{t}\right)^n \qquad (22.10\text{-}4)$$

式中 ν_{40}——温度为40℃时液压油的运动粘度(mm^2/s);

n——指数。

指数n随液压油40℃的运动粘度的不同而异,其值见表22.10-5。

对于粘度较大的油类($\nu_{40}>135mm^2/s$),式(22.10-4)仍然适用,但温度的适用范围应为40~110℃。

表22.10-4 恩氏粘度与运动粘度换算

ν/$mm^2\cdot s^{-1}$	°E	ν/$mm^2\cdot s^{-1}$	°E	ν/$mm^2\cdot s^{-1}$	°E	ν/$mm^2\cdot s^{-1}$	°E	ν/$mm^2\cdot s^{-1}$	°E
1	1.00	17	2.55	40	5.35	72	9.51	120	15.8
1.5	1.06	17.5	2.60	41	5.48	73	9.64	125	16.5
2	1.12	18	2.65	42	5.61	74	9.77	130	17.2
2.5	1.17	18.5	2.71	43	5.74	75	9.90	135	17.8
3	1.22	19	2.77	44	5.87	76	10.0	140	18.5
3.5	1.26	19.5	2.83	45	6.00	77	10.15	145	19.1
4	1.31	20	2.88	46	6.13	78	10.3	150	19.8
4.5	1.35	20.5	2.94	47	6.26	79	10.45	155	20.5
5	1.39	21	3.00	48	6.38	80	10.6	160	21.1
5.5	1.44	21.5	3.06	49	6.51	81	10.7	165	21.8
6	1.48	22	3.11	50	6.64	82	10.8	170	22.4
6.5	1.52	22.5	3.17	51	6.77	83	10.95	175	23.1
7	1.56	23	3.23	52	6.90	84	11.1	180	23.8
7.5	1.61	23.5	3.29	53	7.03	85	11.2	185	24.4
8	1.65	24	3.35	54	7.17	86	11.3	190	25.1
8.5	1.71	24.5	3.41	55	7.30	87	11.45	195	25.7
9	1.75	25	3.47	56	7.43	88	11.6	200	26.4
9.5	1.80	25.5	3.53	57	7.56	89	11.75	205	27.0
10	1.84	26	3.59	58	7.69	90	11.9	210	27.7
10.5	1.88	27	3.71	59	7.82	91	12.0	215	28.3
11	1.94	28	3.83	60	7.95	92	12.1	220	29.0
11.5	1.99	29	3.96	61	8.07	93	12.25	225	29.6
12	2.03	30	4.08	62	8.20	94	12.4	230	30.4
12.5	2.08	31	4.21	63	8.33	95	12.55	235	30.9
13	2.13	32	4.33	64	8.45	96	12.7	240	31.7
13.5	2.18	33	4.46	65	8.58	97	12.8	245	32.3
14	2.23	34	4.58	66	8.72	98	12.9	250	33.0
14.5	2.28	35	4.71	67	8.85	99	13.05	255	33.6
15	2.33	36	4.84	68	8.98	100	13.2	260	34.2
15.5	2.38	37	4.96	69	9.11	105	13.9	265	34.9
16	2.44	38	5.10	70	9.24	110	14.5	270	35.5
16.5	2.50	39	5.22	71	9.37	115	15.2	275	36.2

表 22.10-5　n 值

°E_{40}	1.27	1.77	2.23	2.65	4.46	6.38	8.33	10	11.75
ν_{40}/mm² · s⁻¹	3.4	9.3	14	18	33	48	63	76	89
n	1.39	1.59	1.72	1.79	1.99	2.13	2.24	2.32	2.42
°E_{40}	13.9	15.7	17.8	27.3	37.9	48.4	58.8	70.4	101.5
ν_{40}/mm² · s⁻¹	105	119	135	207	288	368	447	535	771
n	2.49	2.52	2.56	2.76	2.86	2.96	3.06	3.10	3.17

2.3　可压缩性与膨胀性

2.3.1　体积压缩系数

液压介质的体积压缩系数用来表示可压缩性的大小，其定义式为

$$K=-\frac{\Delta V/V_0}{\Delta p}\qquad(22.10\text{-}5)$$

对于未混有空气的矿物油型液压油，其体积压缩系数 $K=(5\sim7)\times10^{-10}\mathrm{m^2/N}$。

显然，液压介质的体积压缩系数很小，因而，工程上可认为液压介质是不可压缩的。然而，在高压系统中，或研究系统动特性及计算远距离操纵的液压机构时，必须考虑工作介质压缩性的影响。

2.3.2　液压介质的体积模量

液压介质体积压缩系数的倒数称为体积模量，用 E 表示

$$E=1/K\qquad(22.10\text{-}6)$$

式中　E——液压介质的体积弹性模量(Pa)。

对于未混入空气的矿物油型液压油，其值为 $E=1.4\sim2$GPa；油包水乳化液为 $E=2.3$GPa；水-乙二醇液为 $E=3.45$GPa。

2.3.3　含气液压介质的体积模量

液压系统中所用的液压介质，均混有一定的空气。液压介质中混入空气后，会显著地降低介质的体积弹性模量，当空气是等温变化时，其值可由下式给出

$$E'=\left[\frac{\dfrac{V_{f0}}{V_{a0}}+\dfrac{p_0}{p}}{\dfrac{V_{f0}}{V_{a0}}+\dfrac{Ep_0}{p^2}}\right]E$$

或

$$E'=\left[\frac{\dfrac{1-x_0}{x_0}+\dfrac{p_0}{p}}{\dfrac{1-x_0}{x_0}+\dfrac{Ep_0}{p^2}}\right]E\qquad(22.10\text{-}7)$$

式中　E'——液压介质中混入空气时的体积模量(Pa)；

E——液压介质的体积模量(Pa)；

V_{f0}——1 大气压下液压介质的体积(m³)；

V_{a0}——1 大气压下混入液压介质中的空气体积(m³)；

p_0——绝对大气压力(Pa)；

p——系统绝对压力(Pa)；

x_0——1 大气压下，空气体积的混入比，$x_0=V_{a0}/(V_{a0}+V_{f0})$。

E'值也可由图 22.10-1 查出。

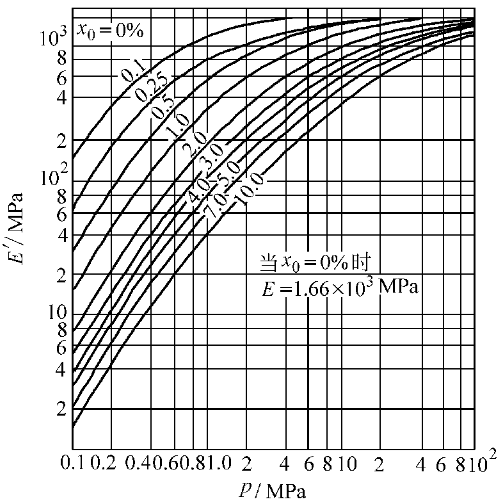


图 22.10-1　E'与 p 的关系

2.3.4　液压介质的热膨胀性

液压介质的体积随温度变化而变化的性质称为热膨胀性，用热膨胀率 α 来表示

$$\alpha=\frac{\Delta V/V_0}{\Delta t}\qquad(22.10\text{-}8)$$

式中　ΔV——液压介质的体积变化量(m³)；

V_0——常温下的液压介质初始体积(m³)；

Δt——相对于常温的温度变化(℃)。

液压介质的热膨胀率的定义为：当单位体积的液

压介质受到单位温度变化时，其体积的变化值。

矿物油型液压油的热膨胀率 α 仅取决于液压油本身，与压力、温度无关，其值可按表22.10-6选取。

表 22.10-6 矿物油型液压油的 α 值

（1/℃）

ρ_{15}	0.8～0.82	0.82～0.84	0.84～0.86
α	9.37×10^{-4}	8.82×10^{-4}	8.31×10^{-4}

ρ_{15}	0.86～0.88	0.88～0.9	0.9～0.92	0.92～0.94
α	7.82×10^{-4}	7.34×10^{-4}	6.88×10^{-4}	6.45×10^{-4}

水包油乳化液的热膨胀率与压力和温度有关，在一个大气压下，α 值与温度的关系见表 22.10-7。

表 22.10-7 水包油乳化液的 α 值

（1/℃）

t/℃	10	20	30	40
α	0.7×10^{-4}	1.82×10^{-4}	3.21×10^{-4}	3.87×10^{-4}

t/℃	50	60	70	80	90
α	4.49×10^{-4}	5.11×10^{-4}	5.7×10^{-4}	6.32×10^{-4}	6.95×10^{-4}

油包水型乳化液的 α 值为 5.4×10^{-4}/℃；水-乙二醇液压液的 α 值为 6.0×10^{-4}/℃；磷酸酯液压液的 α 值为 7.5×10^{-4}/℃。

2.4 比热容

单位质量液体温度升高（或降低）1℃时所需交换的热量，用 C（单位：kJ·(kg·℃)$^{-1}$）表示

$$C=Q/[m(t_2-t_1)] \qquad (22.10\text{-}9)$$

式中 Q——液体所交换的热量（J）；

m——液体质量（kg）；

t_2——热交换后的液体温度（℃）；

t_1——热交换前的液体温度（℃）。

矿物油型液压油的比热容 C 与液压油的密度和温度有关，可用下列经验公式进行计算

$$C=(1.69+0.0038t)/\sqrt{d} \qquad (22.10\text{-}10)$$

式中 t——液压油的温度（℃）；

d——液压油的相对密度。

常用液压介质的比热容见表 22.10-8。

表 22.10-8 常用液压介质的比热容

介质	矿油型液压油	水包油乳化液	油包水乳化液	水-乙二醇液压液	磷酸酯液压液
C/[kJ·(kg·℃)$^{-1}$]	1.88	4.19	2.81	3.35	1.34

2.5 含气量、空气分离压、饱和蒸汽压

2.5.1 含气量

液压介质中所含空气的体积百分比称为含气量。液压介质中的空气分混入空气和溶入空气两种，溶入空气均匀地溶解于液压介质中，对体积弹性模量及粘性没有影响；而混入空气则以直径为0.25～0.5mm的气泡状态悬浮于液压介质中，对体积弹性模量及粘性有明显影响。混入空气对液压介质粘性的影响可用下式计算

$$\mu_B=\mu_0(1+0.015B) \qquad (22.10\text{-}11)$$

式中 B——混入空气的体积百分数；

μ_B——含有混入空气 B% 时液压介质的动力粘度（Pa·s）；

μ_0——无混入空气时介质的动力粘度（Pa·s）。

2.5.2 空气分离压

液压介质中压力降低到一定数值时，溶解于介质中的空气将从介质中分离出来，形成气泡，此时的压力称为该温度下该介质的空气分离压 p_g。空气分离压 p_g 与液压介质的种类有关，亦与温度及空气溶解量有关。温度越高，空气溶解量越大，则空气分离压 p_g 越高。一般液压介质的空气分离压 p_g 为1300～6700Pa。

2.5.3 饱和蒸汽压

当液压介质的压力低于一定数值时，液压介质将沸腾而产生大量蒸汽，此压力称为该介质于此温度下的饱和蒸汽压。

矿物油型液压油的饱和蒸汽压，在20℃时为6～2000Pa。乳化液的饱和蒸汽压与水相近，20℃时为2400Pa。

3 液压介质的质量指标及选择

3.1 矿物油型液压油与合成烃型液压油的质量指标

各种矿物油型液压油的质量指标见表 22.10-9～表 22.10-12。

表 22.10-9 矿物油型液压油(L-HL、L-HM 和 L-HG)的质量指标

项 目		质 量 指 标										
品种(按 GB/T 7631.2—2003)		L-HL						L-HM				
质 量 等 级		一等品						优等品				
粘度等级(按 GB/T 3141—1994)		15	22	32	46	68	100	15	22	32	46	68
运动粘度/$mm^2\cdot s^{-1}$ 0℃[①]	不大于	140	300	420	780	1400	2560	—				
运动粘度/$mm^2\cdot s^{-1}$ 40℃		13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8	90.0~110	13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8
粘度指数[①]	不小于	95	95	95	95	95	90	95	95	95	95	95
闪点/℃ 开口	不低于	140	140	160	180	180	180	140	140	160	180	180
闪点/℃ 闭口	不低于	—						128	128	148	168	168
倾点/℃	不高于	-12	-9	-6	-6	-6	-6	-18	-15	-15	-9	-9
空气释放值(50℃)/min	不大于	5	7	7	10	12	15	5	5	6	10	12
密封适应性能指数	不大于	14	12	10	9	7	6	15	13	12	10	8
抗乳化性(40-37-3)/min 54℃	不大于	30	30	30	30	40	—	30				
抗乳化性(40-37-3)/min 82℃	不大于	—	—	—	—	—	30	—				
泡沫性(泡沫倾向/泡沫稳定性)/$mL\cdot mL^{-1}$ 24℃	不大于	150/10						150/10				
93.5℃	不大于	150/10						150/10				
后24℃	不大于	150/10						150/10				
色度/号		报告						报告				
中和值/(mgKOH/g)		报告						报告				
水分(%)	不大于	痕迹						痕迹				
机械杂质(%)	不大于	无						无				
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)/级	不大于	1						1				
硫酸盐灰分(%)		—						报告				
液相锈蚀试验 蒸馏水		无锈						无锈				
液相锈蚀试验 合成海水		—						无锈				
皂化值/(mgKOH/g)		—						—				
粘-滑特性(动静摩擦因数差值)[②]	不大于	—						—				
氧化安定性 a. 氧化1000h后[③] 酸值/(mgKOH/g)	不大于	—	2.0					—	2.0			
氧化安定性 a. 氧化1000h后[③] 不溶物/mg		—	报告					—	报告			
氧化安定性 b. 旋转氧弹(150℃)/min		报告						报告				
抗磨性 a. FZG(或 CL-100)齿轮机试验(A/8.3/90)[④],失效级	不小于	—						—	—	10	10	10
抗磨性 b. 叶片泵试验(100h,总失重)[④]/mg	不大于	—						—	50	50	50	50
抗磨性 c. 磨斑直径(392N,60min,75℃,1200r/min)/mm		报告						报告				

（续）

项　目		质量指标									
品种（按GB/T 7631.2—2003）		L-HL						L-HM			
质量等级		一等品						优等品			
粘度等级（按GB/T 3141—1994）		15	22	32	46	68	100	15	22	32	46	68
水解安定性④												
铜片失重/mg·cm^{-2}	不大于	—						0.2				
水层总酸度/mgKOH	不大于	—						4.0				
铜片外观		—						无灰、黑色				
热安定性（135℃，168h）⑤												
铜棒失重/（mg/200mL）	不大于	—						10				
钢棒失重/（mg/200mL）		—						报告				
总沉渣重/（mg/100mL）	不大于	—						100				
40℃运动粘度变化（%）		—						报告				
中和值变化（%）		—						报告				
铜棒外观		—						报告				
钢棒外观		—						不变色				
过滤性/s												
无水	不大于	—						600				
2%水	不大于	—						1200				
剪切安定性（250次循环后，40℃运动粘度变化）（%）	不大于	—						1				

项　目		质量指标									试验方法
品种（按GB/T 7631.2—2003）		L-HM							L-HG		
质量等级		一等品							一等品		
粘度等级（按GB/T 3141—1994）		15	22	32	46	68	100	150	32	68	—
运动粘度/mm^2·s^{-1} 0℃①	不大于	140	300	420	780	1400	2560	—	—		GB/T 265
运动粘度/mm^2·s^{-1} 40℃		13.5～16.5	19.8～24.2	28.8～35.2	41.4～50.6	61.2～74.8	90.0～110	135～165	28.8～35.2	61.2～74.8	GB/T 265
粘度指数①	不小于	95	95	95	95	95	90	90	95		GB/T 2541
闪点/℃ 开口	不低于	140	140	160	180	180	180	180	160	180	GB/T 3536
闪点/℃ 闭口	不低于	—							—		GB/T 261
倾点/℃	不高于	-18	-15	-15	-9	-9	-9	-9	-6	-6	GB/T 3535
空气释放值（50℃）/min	不大于	5	5	6	10	12	报告	报告	—		SH/T 0308
密封适应性能指数	不大于	15	13	12	10	8	报告	报告	报告		SH/T 0305
抗乳化性（40-37-3）/min 54℃	不大于	30	30	30	30	40	—	—	报告		GB/T 7305
抗乳化性（40-37-3）/min 82℃	不大于	—	—	—	—	—	30	报告	—		GB/T 7305
泡沫性（泡沫倾向/泡沫稳定性）/mL·mL^{-1}											GB/T 12579
24℃	不大于	150/10							150/10		
93.5℃	不大于	150/10							150/10		
后24℃	不大于	150/10							150/10		
色度/号		报告							报告		GB/T 6540
中和值/（mgKOH/g）		报告							报告		GB/T 4945
水分（%）	不大于	痕迹							痕迹		GB/T 260
机械杂质（%）	不大于	无							无		GB/T 511

（续）

项 目	质 量 指 标									试验方法
品种(按 GB/T 7631.2—2003)	L-HM							L-HG		
质量等级	一等品							一等品		
粘度等级(按 GB/T 3141—1994)	15	22	32	46	68	100	150	32	68	—
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)/级 不大于	1							1		GB/T 5096
硫酸盐灰分(%)	报告							—		GB/T 2433
液相锈蚀试验										GB/T 11143
蒸馏水	无锈							无锈		
合成海水	—							—		
皂化值/(mgKOH/g)	—							报告		GB/T 8021
粘-滑特性(动静摩擦因数差值)② 不大于	—							0.08		SH/T 0361 的附录 A
氧化安定性										GB/T 12581
a. 氧化 1000h 后③										
酸值/(mgKOH/g) 不大于	—	2.0						2.0		
不溶物/mg	—	报告						报告		SH/T 0565
b. 旋转氧弹(150℃)/min	报告							报告		SH/T 0193
抗磨性										
a. FZG(或 CL-100)齿轮机试验 (A/8.3/90)④，失效级 不小于	—	—	10	10	10	10	10	10		SH/T 0306
b. 叶片泵试验(100h,总失重)④/mg 不大于	—	100	100	100	100	100	100	—		SH/T 0307
c. 磨斑直径(392N,60min,75℃ 1200r/min)/mm	报告							报告		SH/T 0189
水解安定性④										SH/T 0301
铜片失重/mg·cm⁻² 不大于	—							—		
水层总酸度/mgKOH 不大于	—							—		
水解安定性⑤										
铜片外观	—							—		
热安定性(135℃,168h)⑤										SH/T 0209
铜棒失重/(mg/200mL) 不大于	—							—		
钢棒失重/(mg/200mL)	—							—		
总沉渣重/(mg/100mL) 不大于	—							—		
40℃运动粘度变化(%)	—							—		—
中和值变化(%)	—							—		—
铜棒外观	—							—		
钢棒外观	—							—		
过滤性/s										SH/T 0210
无水 不大于	—							—		
2%水 不大于	—							—		
剪切安定性(250 次循环后,40℃ 运动粘度变化)(%) 不大于	—							—		SH/T 0103

① 对于用非石蜡基原油生产的 L-HL(一级品)和 L-HM(一级品)，粘度指数可控制不小于 70 出厂，但还必须控制0℃运动粘度。对于用石蜡基原油生产的各质量等级油，只控制粘度指数，可不控制0℃运动粘度。

② 为保证项目，定期进行测定。经供、需双方商定后也可以采用其他粘-滑特性测定法。

③ 为保证项目，定期进行测定。粘度等级为 15 的油不测定，但所含抗氧剂类型和量应与产品定型时粘度等级为 22 的试验油样相同。

④ 为保证项目，定期进行测定。对 L-HM 油，在产品定型和仲裁试验时，允许只对 L-HM32 油进行 FZG 齿轮机试验和 L-HM22 油进行叶片泵试验，但其他各粘度等级油所含抗磨剂类型和量应与产品定型时 L-HM22 和 L-HM32 试验油样相同。

⑤ 1994 年底前，水解安定性试验中铜片失重控制不大于 0.5mg/cm^2 和水层总酸度控制不大于 6.0mgKOH 出厂，热安定性试验中铜棒失重和总沉渣重均为报告出厂。

表 22.10-10　矿物油型液压油(L-HV)和合成烃型液压液(L-HS)质量指标(GB/T 11118.1—1994)

项　目		质量指标																									试验方法
品种(按 GB/T 7631.2—2003)		L-HV															L-HS										
质量等级		优等品							一等品								优等品					一等品					
粘度等级(按 GB/T 3141—1994)		10	15	22	32	46	68	100	10	15	22	32	46	68	100	150	10	15	22	32	46	10	15	22	32	46	—
运动粘度(40℃)[1]/$mm^2 \cdot s^{-1}$		9.00	13.5	19.3	28.8	41.4	61.2	90.0	9.00	13.5	19.3	28.8	41.4	61.2	90.0	135	9.00	13.5	19.3	28.8	41.4	9.00	13.5	19.3	28.8	41.4	GB/T 265
运动粘度到 1500mm^2/s 时温度/℃		−33	−30	−24	−18	−12	−6	0	−33	−30	−24	−18	−12	−6	0	—	−39	−36	−30	−24	−18	−39	−36	−30	−24	−18	—
粘度指数	不小于	130	130	150	150	150	150	150	130								130	130	150	150	150	130					GB/T 2541
闪点/℃　开口	不低于	100	120	140	160	160	160	160	100	120	140	160	160	160	160	160	100	120	140	160	160	100	120	140	160	160	GB/T 3536
闪点/℃　闭口	不低于	88	108	128	148	148	148	148	—								88	108	128	148	148	—					GB/T 261
倾点/℃	不高于	−39	−36	−36	−33	−33	−30	−21	−39	−36	−36	−33	−33	−30	−21	−12	−45	−45	−45	−45	−39	−45	−45	−45	−45	−39	GB/T 3535
空气释放值(50℃)/min	不大于	5	5	6	8	10	12	15	5	5	6	8	10	12	报告	报告	5	5	6	8	10	5	5	6	8	10	SH/T 0308
密封适应性指数	不大于	报告	16	14	13	11	10	10	报告	16	14	13	11	10	报告	报告	报告	16	14	13	11	报告	16	14	13	11	SH/T 0305
抗乳化性(40-37-3)/min																											GB/T 7305
54℃	不大于	30	30	30	30	30	30	—	30	30	30	30	30	40	—	—	30					30					
82℃	不大于	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	30	报告	—					—					
泡沫性(泡沫倾向/泡沫稳定性)/$mL \cdot mL^{-1}$																											GB/T 12579
24℃	不大于	150/10							150/10								150/10					150/10					
93.5℃	不大于	150/10							150/10								150/10					150/10					
后 24℃	不大于	150/10							150/10								150/10					150/10					
色度/号		报告							报告								报告					报告					GB/T 6540
中和值/(mgKOH/g)		报告							报告								报告					报告					GB/T 4945
水分(%)	不大于	痕迹							痕迹								痕迹					痕迹					GB/T 260
机械杂质(%)	不大于	无							无								无					无					GB/T 511
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)/级		1							1								1					1					GB/T 5096
硫酸盐灰分(%)		报告							报告								报告					报告					GB/T 2433
液相锈蚀试验																											GB/T 11143
蒸馏水		无锈							无锈								无锈					无锈					
合成海水		无锈							—								无锈					—					
氧化安定性																											GB/T 12581
a. 氧化 1000h 后[3]																											
酸值/(mgKOH/g)		—	—	2.0					—	—	2.0						—	—	2.0			—	—	2.0			
不溶物/mg		—	—	报告					—	—	报告						—	—	报告			—	—	报告			SH/T 0565
b. 旋转氧弹(150℃)/min		报告							报告								报告					报告					SH/T 0193

（续）

项　　目	质　量　指　标																									试验方法
品种（按 GB/T 7631.2—2003）	L-HV															L-HS										
质量等级	优等品							一等品								优等品					一等品					
粘度等级（按 GB/T 3141—1994）	10	15	22	32	46	68	100	10	15	22	32	46	68	100	150	10	15	22	32	46	10	15	22	32	46	—
抗磨性																										
a. FZG（或 CL-100）齿轮机试验（A/8.3/90）[2]，失效级　不小于	—	—	—	10	10	10	10	—								—	—	—	10	10	—	—	—	10	10	SH/T 0306
b. 叶片泵试验（100h，总失重）[2]/mg　不大于	—	—	50	50	50	50	50	100								—	—	50	50	50	—	—	100	100	100	SH/T 0307
c. 磨斑直径（392N，60min，75℃ 1200r/min）/mm	报告							报告								报告					报告					SH/T 0189
水解安定性[2]																										SH/T 0301
铜片失重/mg·cm^{-2}　不大于	0.2							—								0.2					—					
水层总酸度/mgKOH　不大于	4.0							—								4.0					—					
铜片外观	无灰、黑色							—								无灰、黑色					—					
热安定性（135℃，168h）[3]																										SH/T 0209
铜棒失重/（mg/200mL）　不大于	10							—								10					—					
钢棒失重/（mg/200mL）	报告							—								报告					—					
总沉渣重/（mg/100mL）　不大于	100							—								100					—					SH/T 0209
40℃运动粘度变化/（%）	报告							—								报告					—					
中和值变化（%）	报告							—								报告					—					
铜棒外观	报告							—								报告					—					
钢棒外观	不变色							—								不变色					—					
过滤性/s																										SH/T 0210
无水　不大于	600							—								600					—					
2%水　不大于	1200							—								1200					—					
剪切安定性（250 次循环后，40℃运动粘度变化）（%）　不大于	10							10								10					10					SH/T 0103

① 为保证项目，定期进行测定。粘度等级为 10 和 15 的油不测定，但所含抗氧剂类型和量应与产品定型时粘度等级为 22 的试验油样相同。

② 为保证项目，定期进行测定。对 L-HV 和 L-HS 油，在产品定型和仲裁试验时，允许只对 L-HV32 和 L-HS32 油进行 FZG 齿轮机试验和 L-HV22 和 L-HS22 油进行叶片泵试验，但其他各粘度等级油所含抗磨剂类型和量应与产品定型时粘度等级为 32 和 22 的试验油样相同。

③ 1994 年底前，水解安定性试验中铜片失重控制不大于 0.5mg/cm^2 和水层总酸度控制不大于 6.0mgKOH 出厂，热安定性试验中铜棒失重和总沉渣重均为报告出厂。

表22.10-11　10号和12号航空液压油质量指标（SH 0358—1995）

项　目		质量指标		试验方法
		10号（SH 0358—1995）	12号	
外观		红色透明液体		目测
运动粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$				GB/T 265
150℃	不小于	—	3	
50℃	不小于	10	12	
-40℃	不大于	—	600	
-50℃	不大于	1250	—	
-54℃	不大于	—	3000	
初馏点/℃	不低于	210	230	GB/T 6536
酸值/（mgKOH/g）	不大于	0.05	0.05	GB/T 264[①]
闪点（开口）/℃	不低于	92	100	GB/T 267
凝点/℃	不高于	-70	-60	GB/T 510
水分/$mg \cdot kg^{-1}$	不大于	60	—	GB/T 11133
			无	GB/T 260
机械杂质（%）		无	无	GB/T 511
水溶性酸或碱		无	无	GB/T 259
油膜质量（65℃ ±1℃，4h）		合格	—	②
低温稳定性（-60℃ ±1℃，72h）		合格	合格	另有规定
超声波剪切（40℃运动粘度下降率）（%）	不大于	16	—	SH/T 0505
（50℃运动粘度下降率）（%）	不大于	—	20	
氧化安定性（140℃，60h）			（160℃，100h）	SH/T 0208
a. 氧化后运动粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$				
50℃	不小于	9.0	变化率-5%～+12%	
-50℃	不大于	1500	—	
b. 氧化后酸值/（mgKOH/g）	不大于	0.15	0.3	GB/T 264
c. 腐蚀度/$mg \cdot cm^{-2}$				
钢片	不大于	±0.1	±0.1	
铜片	不大于	±0.15	±0.2	
铝片	不大于	±0.15	±0.1	
镁片	不大于	±0.1	±0.2	
密度（20℃）/$kg \cdot m^{-3}$	不大于	850	800～900	GB/T 1884 及 GB/T 1885
腐蚀（70℃ ±2℃，24h）/级	不大于	2	—	GB/T 5096
液相锈蚀（蒸馏水）		—	合适	GB/T 11143

① 用95%乙醇（分析纯）抽提，取0.1%溴麝香草酚蓝作指示剂。

② 油膜质量的测定：将清洁的玻璃片浸入试油中取出，垂直地放在恒温器中干燥，在60℃ ±1℃下保持4h，然后在25℃下冷却30～45min，观察在整个表面上油膜不得呈现硬的粘滞状。

表 22.10-12　舰用液压油质量指标(GJB 1085—1991)

项　目		质 量 指 标	试 验 方 法
运动粘度(40℃)/$mm^2 \cdot s^{-1}$		28.8~35.2	GB/T 265
粘度指数	不小于	130	GB/T 2541
倾点/℃	不高于	-23	GB/T 3535
闪点(开口)/℃	不低于	145	GB/T 3536
液相锈蚀试验(合成海水)		无锈	GB/T 11143
腐蚀试验(铜片 100℃,3h)/级	不大于	1	GB/T 5096
密封适应性指数(100℃,24h)		报告	SH/T 0305
空气释放值(50℃)/min		报告	SH/T 0308
泡沫性(泡沫倾向/泡沫稳定性)/$mL \cdot mL^{-1}$			GB/T 12579
24℃	不大于	60/0	
93.5℃	不大于	100/0	
后 24℃	不大于	60/0	
抗乳化性[(40-37-3)mL,54℃]/min	不大于	30	GB/T 7305
抗磨性			
a. 叶片泵试验(100h,总失重)/mg	不大于	150	SH/T 0307
b. 最大无卡咬载荷/N		报告	GB/T 3142
氧化安定性(酸值达 2.0mgKOH/g 的时间)/h	不大于	100	GB/T 12581
水解安定性			SH/T 0301
铜片失重/$kg \cdot cm^{-2}$	不大于	0.5	
铜片外观		无灰、黑色	
水层总酸度/mgKOH	不大于	6.0	
剪切安定性(40℃运动粘度变化率)(%)	不大于	15	SH/T 0505
中和值/(mgKOH/g)	不大于	0.3	GB/T 4945
水分(%)		无	GB/T 260
机械杂质(%)		无	GB/T 511
水溶性酸(pH 值)		报告	GB/T 259
外观		透明	目测
密度(20℃)/$kg \cdot cm^{-3}$		报告	GB/T 1884

注：叶片泵试验、氧化安定性为保证项目，每年测试一次。

3.2　抗燃型液压油的质量指标

各种抗燃型液压油的质量指标及应用见表 22.10-13 ~ 表 22.10-16。

表 22.10-13　高水基液压油质量指标

名　称	好富顿公司 120-B①		Sunsol HWBF EH3-10②		好富顿公司 142 液压液③		Phrasafe P1210④	好富顿公司 1630 液压液⑤	好富顿公司 250 液压液③
液品	浓缩液	5%的溶液	原液	10 倍稀释液	浓缩液	5%浓度液体	稀释液		
液型		水溶液				微乳化液	增粘溶液	增粘	微乳化增粘
外观	深蓝色	浅蓝透明		乳白色	深蓝色	半透明蓝色	透明天蓝色	半透明琥珀色	

（续）

名　　称		好富顿公司 120-B①		Sunsol HWBF EH3-10②		好富顿公司 142液压液③		Phrasafe P1210④	好富顿公司 1630液压液⑤	好富顿公司 250液压液③
运动粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	37.8℃						28SUS	50.1	280SUS	200SUS
	40℃	≤65	≤1.8		0.8					
密度(15.6℃)/$kg \cdot cm^{-3}$		1015	1004	990	1000		1004	1001	1000	986
pH值		9.9	9.5	8	8	9.8～10.2	9.4～10.0	10.4	10	9.8
倾点/℃		-3	0			-2.8	0	(凝点)1	0	
冰点/℃		-6	-1							
闪点/℃		无	无		无	无	无		无	无
燃点/℃		无	无	无	无	无	无		无	无
折射率 $n_D^{20℃}$					1.3388					

① 适用工作压力：7MPa；美国好富顿公司生产。
② 美国SUN OIL公司生产。
③ 适用工作压力：14MPa；美国好富顿公司生产。
④ 美国BASF公司生产。
⑤ 适用工作压力：21MPa；美国好富顿公司生产。

表22.10-14　煤矿用液压支架乳化油质量指标

项　　目		质量指标				试验方法
		M-5	M-10	M-15	M-T	
适应水质硬质/(mg·mol/L)		5	5～10	10～15	15	
外观(10～35℃)		橙红至棕红色透明、均匀流体				目测
运动粘度(50℃)/$mm^2 \cdot s^{-1}$	不大于	6				GB/T 265
闪点(开口)/℃	不低于	100				GB/T 267
凝点/℃	不高于	-5				GB/T 510
耐冻融性		外观恢复原状				①
自乳化性		滴入水中，均匀分散				
pH值[5%(质量),蒸馏水]		7.5～9				pH试纸
乳化液稳定性(人工硬水)						Q/320500 TY12302
室温稳定性，168h						
油皂析出量(%)	不大于	0.1				
热稳定性，168h，70℃						
油皂析出量(%)	不大于	0.1				
振荡稳定性		无油皂析出				②
乳化液防锈性						SH/T 0365
铸铁：24h		无锈迹或色变				
盐水浸泡60℃，24h		15号钢无锈蚀，黄铜无色变				
乳化液橡胶溶胀性						GB/T 1690
70℃，168h						
体积膨胀(%)	不大于	6(不允许收缩)				
乳化液消泡性		不妨碍使用				
乳化液防霉性		不妨碍使用				

① 样品从-16℃至室温反复冻融5次。
② 在温度10～35℃条件下，振荡1min。

表 22.10-15　水-乙二醇液压液质量指标

项　　目		质 量 指 标			试 验 方 法[3]
		WG-38	WG-46	HS-620[1]	
运动粘度(40℃)/$mm^2 \cdot s^{-1}$		35～40	41～51	43(37.8℃) 200(100℉ SUS)	GB/T 265
粘度指数	不小于	140	140	154	GB/T 2541
pH 值		9.1～11.0	9.1～11.0	8～10	GB/T 7304
凝点/℃	不高于	－50	－50	－54(流动点)[2]	GB/T 510
密度(20℃)/$g \cdot cm^{-3}$		1.0～1.1	1.0～1.1	1.074	GB/T 1884
气相锈蚀		无锈	无锈		另有规定
液相锈蚀(A 法)		无锈	无锈		GB/T 11143
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)/级	不大于	1	1		GB/T 5096
最大无卡咬载荷(P_B)/N	不小于	686(70)	686(70)		GB/T 3142
磨斑直径(296N)/mm	不大于	0.60	0.60		SH/T 0189
热歧管抗燃试验(704℃)		通过	通过		SH/T 0567

① HS-620 为美国好富顿公司生产的好富顿水-乙二醇液压液。
② 指在不搅拌情况下将液体冷却时能够流动的最低温度，通常用比被试验凝固点高 2.5℃的温度来表示。
③ 试验方法栏各标准不适用于 HS-620。

表 22.10-16　磷酸酯液压液质量指标

项　　目		质 量 指 标			试 验 方 法
		L-HFDR32	L-HFDR46	Houghton safe 1120	
运动粘度(40℃)/$mm^2 \cdot s^{-1}$		28.8～35.2	41.4～50.6	100 °F SUS230 210 °F SUS44	GB/T 265
密度(20℃)/$g \cdot cm^{-3}$		1.125～1.165	1.125～1.165	60/60 °F 1130	GB/T 1884
倾点/℃	不高于	－17.5	－29		GB/T 3535
闪点(开口)/℃	不低于	220	263	485℉	GB/T 267
酸值/(mgKOH/g)	不大于	0.1	0.1		GB/T 264
水分	不大于	500×10^{-6}	500×10^{-6}		SH/T 0246
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)/级	不大于	1	1		GB/T 5096
污染度(NAS)/级	不大于	6	6		FS791B 30092
泡沫性(泡沫倾向/泡沫稳定性,24℃)/$mL \cdot mL^{-1}$	不大于	50/10	50/10		GB/T 12579
热稳定性(170℃,12h)		合格	合格		SH/T 0560
最大无卡咬载荷(P_B)/N		报告	报告		GB/T 3142
磨斑直径(396N)/mm		报告	报告		SH/T 0189
氯含量	不大于	50×10^{-6}	50×10^{-6}		电量法
热歧管抗燃试验(704℃)		通过	通过		SH/T 0567

3.3 液压介质的常用添加剂

液压介质的添加剂用来改善基础油的有关性质或性能，从而满足应用中对介质性能的各项要求。常用添加剂有以下几种。

3.3.1 增粘剂

可提高基础油的粘度及粘度指数，亦称稠化剂。常见的有聚异丁烯(代号T-608)、聚甲基丙烯(代号T602)与聚乙烯基正丁醚(代号T-601)等。

3.3.2 降凝剂

降凝剂是用以降低液压介质凝点的添加剂。常用的降凝剂有烷基萘及其聚合物(代号T-801)、醋酸乙烯酯(代号T-605)与聚α-烯烃(代号T-803)等。

3.3.3 抗磨剂

按工作载荷的不同，可分为减摩添加剂(油性剂)、抗磨添加剂和极压添加剂(极压抗磨剂)。

减摩添加剂用于轻载和较低温度条件下，减小摩擦面的摩擦因数。常用减摩剂有油酸、硬脂酸等。

抗磨添加剂用于中等载荷及较高温度下防止摩擦面的剧烈磨损。常用抗磨添加剂为二烷基二硫代磷酸锌(代号T-202)。

极压添加剂用于重载高温时防止金属摩擦面胶合、擦伤。常用极压添加剂有氯化石蜡(代号T-301)、硫化二聚异丁烯(代号T-303)、亚磷酸二正丁酯(代号T-304)、环烷酸铝(代号T-307)等。

3.3.4 抗泡剂

可用来防止泡沫产生并能促使泡沫破裂的添加剂。常用抗泡剂为二甲基硅油(代号T-901)。

3.3.5 乳化剂

使介质形成相对稳定的乳化液的添加剂。常用乳化剂有：油酸钾皂、油酸钠皂、油酸三乙醇胺、壬基酚聚乙二醇醚、聚乙二醇单油醚酯等。

3.3.6 抗氧剂

防止液压介质遭受氧化的添加剂。常用抗氧剂有：2，6二叔丁基对甲酚(代号T-501)、二烷基二硫代磷酸锌(代号T-202)。

3.3.7 防锈剂

可用来防止金属锈蚀。常用防锈剂有十二烯基丁二酸(代号T-746)、石油磺酸钡(代号T-701)、碳酸环已胺等。

3.4 液压介质的选用

液压介质应有适宜的粘度和良好的粘-温特性；油膜强度要高；具有较好的润滑性能；能抗氧化稳定性好；腐蚀作用小，对涂料、密封材料等有良好的适应性；同时，液压介质还应具有一定的消泡能力。

选择液压介质时，除专用液压油外，首先要确定介质的种类。根据液压系统对介质是否有抗燃性的要求，决定选用矿油型液压油还是抗燃型液压液。

其次，根据系统中所用液压泵的类型选用介质的粘度，参见表22.10-17。

最后，还应考虑与密封材料等的相容性(表22.10-18)、环境温度与工作压力(表22.10-19)、执行机构速度等。当工作温度在60℃以下，载荷较轻时，可选用全损耗系统用油；工作温度超过60℃时，应选用汽轮机油或普通液压油。若设备在很低温度下起动(如冬季露天作业的工程机械等)时，须选用低凝液压油。对于抗燃液压液，当工作温度低于60℃时，可选用乳化液或水-乙二醇液压液；温度高于60℃时，应选用脂肪酸酯或磷酸酯液压液。

表22.10-17 液压泵用油粘度推荐值

($mm^2 \cdot s^{-2}$)

工作温度/℃		5~40	40~80
齿轮泵		17~40	63~88
叶片泵	$p<7$MPa	17~29	25~44
	$p>7$MPa	31~40	37~54
轴向柱塞泵		25~44	40~98
径向柱塞泵		17~62	37~154

表22.10-18 液压介质与常用材料的相容性

材料		矿物油型液压油	高水基液压液	油包水型乳化液	水-乙二醇液压液	磷酸酯液压液
橡胶类	天然橡胶	×	√	×	√	×
	丁腈橡胶	√	√	√	√	×
	丁基橡胶	×	×	×	√	√
	氯丁橡胶	√	√	√	√	×
	乙丙橡胶	×	√	×	√	√
	聚氨酯橡胶	√	×	×	×	×
	硅橡胶	√	√	√	√	√
	氟橡胶	√	√	√	√	√
	丁苯橡胶	×	×	×	√	×
	聚硫橡胶	√	×	×	√	×
	聚丙烯酸酯橡胶	×	×	×	×	×
	氟磺化聚乙烯橡胶	×	×	×	√	×

（续）

材　料		矿物油型液压油	高水基液压液	油包水型乳化液	水-乙二醇液压液	磷酸酯液压液
涂料类	普通耐油工业涂料	√	×	×	×	×
	环氧型	√	√	√	√	√
	酚型	√	√	√	√	√
	搪瓷	√	√	√	√	√
塑料类	有机玻璃	√	√	√	√	×
	丙烯酸塑料	√	√	√	√	×
	苯乙烯塑料	√	√	√	√	×
	环氧塑料	√	√	√	√	√
	酚型塑料	√	√	√	√	√
	硅酮塑料	√	√	√	√	√
	聚氟乙烯塑料	√	√	√	√	×
	尼龙	√	√	√	√	√
	聚丙烯塑料	√	√	√	√	√
	聚四氟乙烯塑料	√	√	√	√	√
金属类	钢、铁	√	√	√	√	√
	纯铜、黄铜	√	√	√	√	√
	铝	√	×	√	×	√
	锌、镉	√	×	√	×	√
	镍、锡	√	√	√	√	√
	铅	√	√	×	×	√
	镁	√	×	×	×	√
其他	皮革	√	×	×	×	×
	软木、纸	√	×	×	×	—
	合成纤维	—	×	×	×	—

表 22.10-19　不同环境、温度与工作压力条件下液压介质的选择

工作压力/MPa	<7	7～14	7～14	>14
温度/℃	<50	<50	50～80	80～100
室内 固定设备	HL	HL，HM	HM	HM
寒冷、 严寒地区	HR	HV，HS	HV，HS	HV，HS
地下 水上	HL	HL，HM	HM	HM
高温	HFAE	HFB	HFDR	HFDR
明火附近	HFAS	HFC		

3.5　液压介质的使用极限

在使用过程中，由于液压介质自身特性及工作环境等的影响，在受到高温、高压、氧化等物理、化学作用下，液压介质的性能指标会发生改变，当变化后的指标不能保证系统正常高效运行时，需要对工作介质进行更换。表 22.10-20 给出了 L-HL 液压油换油指标，表 22.10-21 给出了 L-HM 液压油换油指标。

表 22.10-20　L-HL 液压油换油指标

（SH/T 0476—1992）

项　目	换油指标	试验方法
外观	不透明 或浑浊	目测
40℃运动粘度变化率(%) 超过	±10	SH/T 0476
色度变化(比新油)，号 等于或大于	3	GB/T 6540
酸值/(mgKOH/g)　大于	0.3	GB/T 264
水分(%)　大于	0.1	GB/T 260
机械杂质(%)　大于	0.1	GB/T 511
铜片腐蚀(100℃,3h)，级 等于或大于	2	GB/T 5096

注：以上百分数均指质量分数。

表 22.10-21　L-HM 液压油换油指标

（SH/T 0599—1994）

项　目	换油指标	试验方法
40℃运动粘度变化率(%) 超过	+15 或 -10	GB/T 265
水分(%)　大于	0.1	GB/T 260
色度增加(比新油)，号　大于	2	GB/T 6540
酸值 降低(%)　超过 或增加值/(mgKOH/g) 大于	35 0.4	GB/T 264
正戊烷不溶物(%)　大于	0.10	GB/T 8926A
铜片腐蚀(100℃,3h)/级 大于	2a	GB/T 5096

注：允许采用 GB/T 511 方法，使用 60～90℃石油醚作溶剂，测定试样机械杂质。

4　液压介质的污染控制

4.1　污染物的种类及污染原因

使液压介质污染的物质主要有以下几类：

1）固体污染物——切屑、铸造砂、灰尘、焊渣等。

2）液体污染物——水、清洗油或其他种类的液压油。

3）气体污染物——混入的空气或介质中分离出的空气。

表 22. 10-22 给出了各种污染物的侵入途径。

表 22. 10-22　液压介质的污染种类及原因

	金属粉粒	研磨粉	铸造砂	焊渣	锈屑	灰尘	涂料片	密封材料	橡胶粉粒	纤维	油变质物	水分	其他液体	空气	微生物
清洗，制造	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√		
保管运输					√	√	√					√	√		√
外露处或维修时进入	√	√		√	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√
工作中产生	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√

4.2　污染程度的测定及污染等级标准

液压介质中固体污染物的测定方法有如下几种：

1）目测法　是用肉眼直接观察介质污染程度的方法。由于人眼的能见度下限为 40μm，所以这种方法只能用于对介质清洁度要求不高的系统。

2）比色法　是把一定体积油样中的污染物用滤纸过滤出来，根据滤纸的颜色来判断介质的污染程度。需要有丰富的经验，才能做出较准确的判断，只能用于对介质清洁度要求不太高的系统。

3）颗粒计数法　是用一定体积介质中所含各个尺寸颗粒的数目即“颗粒尺寸分布”来表示介质污染程度的一种方法。常用的颗粒计数法有手动显微镜法、自动显微镜法、光散射法和光遮蔽法。

基于颗粒计数法的污染等级标准见表 22. 10-23、表 22. 10-24。

表 22. 10-23　油液固体颗粒污染等级代号

（摘自 GB/T 14039—2002）

每毫升的颗粒数		代　　码
>	≤	
2500000		>28
1300000	2500000	28
640000	1300000	27
320000	640000	26
160000	320000	25
80000	160000	24
40000	80000	23
20000	40000	22
10000	20000	21
5000	10000	20
2500	5000	19
1300	2500	18
640	1300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2. 5	5	9
1. 3	2. 5	8
0. 64	1. 3	7
0. 32	0. 64	6
0. 16	0. 32	5
0. 08	0. 16	4
0. 04	0. 08	3
0. 02	0. 04	2
0. 01	0. 02	1
0. 00	0. 01	0

注：代码小于 8 时，重复性受液样中所测的实际颗粒数的影响。原始计数值应大于 20 个颗粒，当其中一个尺寸范围内的原始颗粒计数值小于 20 时，该尺寸范围的代码前应标注“≥”符号。

使用自动颗粒计数器计数所报告的污染等级代号由三个代码组成：第一个代码代表每毫升油液中颗粒尺寸≥4μm(c)的颗粒数；第二个代码代表每毫升油液中颗粒尺寸≥6μm(c)的颗粒数；第三个代码代表每毫升油液中颗粒尺寸≥14μm(c)的颗粒数。用显微镜计数所报告的污染等级代号由≥5μm 和≥15μm 两个尺寸范围内的颗粒浓度代码组成。

表 22.10-24　NAS1638 污染等级标准
(100mL 中的颗粒数)

污染等级	颗粒尺寸范围/μm				
	5~15	15~25	25~50	50~100	>100
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1000	178	32	6	1
3	2000	350	63	11	2
4	4000	712	126	22	4
5	8000	1425	253	45	8
6	16000	2850	506	90	16
7	32000	5700	1012	180	32
8	64000	11400	2025	360	64
9	128000	22800	4050	720	128
10	256000	45600	8100	1440	256
11	512000	91200	16200	2880	512
12	1024000	182400	32400	5760	1024

4）颗粒质量法　是用阻留在滤油器上污染物的质量来表示介质污染程度的方法。通常是使 100mL 的介质通过 0.8μm 的滤纸以阻留污染物。测定方法简单容易，但不能反映颗粒的尺寸分布，不便于污染源的分析。

基于质量法的污染等级标准见表 22.10-25、表 22.10-26。

表 22.10-25　NAS1638 固体污染物等级标准代号

污染等级	100	101	102	103	104	105	106	107	108
质量/mg	0.02	0.05	0.10	0.30	0.50	0.7	1.0	2.0	4.0

表 22.10-26　MIL STD1246A 污染等级标准
(100mL 中的质量)

污染等级	A	B	C	D	E	F	G	H	I
质量/mg	1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~7	7~10	10~15	15~25

5）淤积指数法(肖尔丁指数)　是根据介质中污染物堵塞滤油器的倾向来判断介质污染程度的方法。这种方法对 5μm 以下的颗粒的测定颇为有效，但对污染程度的表达不直观，又不能反映颗粒的尺寸分布，不便于污染源的分析。

液压介质中的液体污染物，主要是水分。矿物油型液压介质的含水量必须精确测量，测定矿物油型液压介质含水量的标准方法是卡尔-费歇尔(Karl Fisher)法。

第 11 章　液压伺服控制

液压伺服控制是自动控制领域中的重要组成部分，自动控制就是用各类控制装置和仪表包括计算机代替人工，自动地、有目的地控制和操纵机器及生产设备，使生产设备的性能、机械化和自动化的水平不断提高。自动控制已成为现代化生产的必要条件之一。研究连续自动控制系统运动规律的理论，一般称为反馈控制理论；反馈控制理论的基础是线性连续反馈控制理论。反馈控制是实现自动控制的最基本的方法。

液压伺服系统以其响应速度快、负载刚度大、控制功率大等独特的优点在工业控制中得到了广泛的应用。

1　液压伺服系统的组成及工作原理

1.1　液压伺服系统的组成

液压伺服与比例控制系统是由以下一些基本元件组成的：

输入元件——将给定值加于系统的输入端的元件。该元件可以是机械的、电气的、液压的或者是其他的组合型式；

比较元件——将输入信号与反馈信号相比较，得出偏差信号的元件；

反馈测量元件——测量系统的输出量并转换成反馈信号的元件。各种类型的传感器常用作反馈测量元件；

放大、能量转换元件——将偏差信号放大，并将各种型式的信号转换成大功率的液压能量的元件。电气伺服放大器、电液伺服阀、比例阀均属于此类元件；

执行元件——将产生调节动作的液压能量施加于控制对象上的元件，如液压缸或液压马达；

控制对象——各类生产设备，如机器工作台、刀架等。

1.2　液压伺服系统工作原理

液压伺服系统是利用反馈控制的基本原理将被控制对象的输出信号即输出量，如位移、速度或力等，能自动地、快速而准确地回输到系统的输入端，并与给定值进行比较形成偏差信号，以产生对被控对象的控制作用，使系统的输出量与给定值之差保持在容许的范围之内。与此同时，输出功率被大幅度地放大。液压伺服系统的工作原理可由图 22. 11-1 来说明。

图 22. 11-1 所示为一个对管道流量进行连续控制的电液伺服系统。在大口径流体管道 1 中，阀板 2 的转角 θ 变化会产生节流作用而起到调节流量 q_T 的作用。阀板转动由液压缸带动齿条、齿轮来实现。这个系统的输入量是电位器 5 的给定值 x_i。对应给定值 x_i，有一定的电压输给放大器 7，放大器将电压信号转换为电流信号加到伺服阀的电磁线圈上，使阀芯相应地产生一定的开口量 x_v。阀开口 x_v 使液压油进入液压缸上腔，推动液压缸向下移动。液压缸下腔的油液则经伺服阀流回油箱。液压缸的向下移动，使齿条、齿轮带动阀板产生偏转。同时，液压缸活塞杆也带动电位器 6 的触点下移 x_p。当 x_p 所对应的电压与 x_i 所对应的电压相等时，两电压之差为零。这时，放大器的输出电流亦为零，伺服阀关闭，液压缸带动的阀板停在相应于流量 q_T 位置。

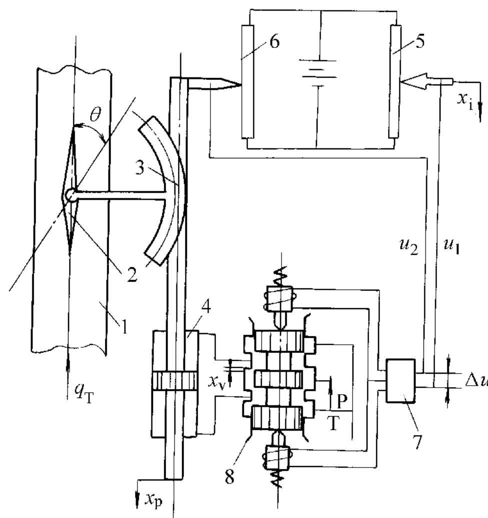


图 22. 11-1　管道流量(或静压力)的电液伺服系统
1—流体管道　2—阀板　3—齿轮、齿条
4—液压缸　5—给定电位器　6—流量传感电位器　7—放大器　8—电液伺服阀

在控制系统中，将被控制对象的输出信号回输到系统的输入端，并与给定值进行比较而形成偏差信号以产生对被控对象的控制作用，这种控制形式称之为反馈控制。反馈信号与给定信号符号相反，即总是形成差值，这种反馈称之为负反馈。用负反馈产生的偏

差信号进行调节，是反馈控制的基本特征。而对图 22.11-1 所示的实例中，电位器 6 就是反馈装置，偏差信号就是给定信号电压与反馈信号电压在放大器输入端产生的 Δu。

图 22.11-2 给出对应图 22.11-1 实例的方框图。

控制系统常用方框图表示系统各元件之间的联系，下面用典型伺服系统方框图来叙述。

1.3　伺服控制系统的典型方框图及其分类和要求（见表 22.11-1）

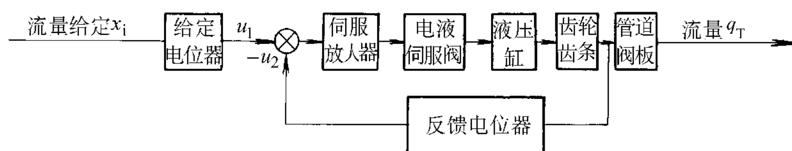


图 22.11-2　伺服系统实例的方框图

表 22.11-1　典型方框图及其分类和要求

典型方框图的结构		方框图表示了一个典型的伺服控制系统一般组成、组成型式、信号传递和变换过程 u → 给定装置 → r → 比较元件 → ε → 校正装置 → 放大元件 → 执行元件 → 对象（f）→ c；c → 检测元件 → b（−） 主要信号说明： 1）输入信号（指令）u　来自系统成比例外部确定的或变化的信号，它决定着被控量的变化规律 2）参考输入 r　由输入信号产生，并与主反馈信号进行比较的信号，r 也称给定值 3）主反馈信号 b　它是被控制量的函数，并与参考输入进行比较以产生偏差信号 4）偏差信号 ε　参考输入与主反馈信号之差 5）干扰信号 f　输入信号外对系统的输出产生影响的因素，它可能来自系统外部，也可以来自系统的内部 6）输出信号（被控制量）c　系统中变化规律需要被检测和加以控制的信号 7）误差信号 e　系统的期望输出值与实际输出值之差
分类方法	按控制要求分	1）自动调节系统　其输入量为常值或随时间缓慢变化，系统的主要任务是在受到干扰时，使系统的实际输出量保持或接近于期望值 2）程序控制系统　其输入量的变化规律是事先确定的，系统将自动地使输出量尽可能准确地按事先给定的规律变化 3）伺服系统　输入量为任意的时间函数，系统应使输出量以一定的精度跟随输入量的变化而变化，若系统的输出量是位置、速度之类的机械量，工程中通常称伺服控制系统
	按其他不同特征来分	1）线性系统和非线性系统　线性系统是描述系统动态特性的数学方程为线性微分方程的一类系统，否则为非线性系统。线性系统满足叠加原理和均匀性定理 2）连续系统和离散系统　系统中各部分的信号均为连续的时间变量 t 的函数，称为连续系统，其运动特性可用微分方程来描述。若系统中的一处和某几处信号的型式是脉冲或数码，这类系统称为离散系统，离散控制系统运动特性可用差分方程来描述 3）确定系统和不确定系统　系统的结构和参数是确定和已知的，且作用于系统的输入信号（包括干扰信号）也是确定的一类系统为确定系统。若系统本身或作用于该系统的信号不确定或模糊时，则称为不确定系统 4）单输入单输出系统和多输入多输出系统　系统的输入和输出量各为一个称为单输入单输出系统，它只有一个主反馈信号。若系统有多个输入和输出量，则为多输入多输出系统，也称多变量系统
基本要求		1）稳定性　系统稳定且有一定的稳定裕量 2）稳态精度　系统达到平衡状态后要求满足一定的准确度 3）动态品质　要求系统过渡过程的性能满足一定的指标 4）运动条件 5）可靠性 6）经济性

2　液压控制基础知识

2.1　数学模型

为了对伺服系统进行定量研究，应找出系统中各变量(物理量)之间的关系。不但要搞清楚其静态关系，还要知道其动态特性，即各物理量随时间而变化的过程。描述这些变量之间关系的数学表达式称之为数学模型。

2.1.1　微分方程

伺服系统的动态行为可用各变量及其各阶导数所组成的微分方程来描述。当微分方程各阶导数为零时，则变成表示各变量间静态关系的代数方程。有了系统运动的微分方程就可知道系统各变量的静态和动态行为。该微分方程就是系统的数学模型。

2.1.2　拉氏变换与传递函数

拉氏变换全称为拉普拉斯变换。它是将时间域的原函数 $f(t)$ 变换成复变量 s 域的象函数 $F(s)$，将时间域的微分方程变换成 s 域的代数方程，再通过代数运算求出变量为 s 的代数方程解。最后通过拉氏反变换得到变量为 s 的原函数的解。

数学上将时域原函数 $f(t)$ 的拉氏变换定义为如下积分：

$$\mathscr{L}[f(t)]=\int_0^{\infty}f(t)\mathrm{e}^{-st}\mathrm{d}t=F(s)$$

而拉氏逆变换则记为

$$\mathscr{L}^{-1}[F(s)]=f(t)$$

实际应用中并不需要对原函数逐一作积分运算，与查对数表相似，查拉氏变换表(表 22.11-2)即可求得。拉氏变换在解微分方程过程中有如下几个性质或定理：

(1) 线性性质

设　$\mathscr{L}[f(t)]=F(s)$，

则有　$\mathscr{L}[Bf(t)]=BF(s)$

式中　B——任意常数。

(2) 叠加原理

设　$\mathscr{L}[f_1(t)]=F_1(s)$

$\mathscr{L}[f_2(t)]=F_2(s)$

则　$\mathscr{L}[f_1(t)\pm f_2(t)]=F_1(s)\pm F_2(s)$

(3) 微分定理

设　$\mathscr{L}[f(t)]=F(s)$，

则有　$\mathscr{L}\left[\frac{\mathrm{d}f(t)}{\mathrm{d}t}\right]=sF(s)-f(0)$

$$\mathscr{L}\left[\frac{\mathrm{d}^2f(t)}{\mathrm{d}t^2}\right]=s^2F(s)-sf(0)-\left.\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}t}\right|_{t=0}$$

$$\mathscr{L}\left[\frac{\mathrm{d}^nf(t)}{\mathrm{d}t^n}\right]=s^nF(s)-s^{n-1}f(0)-s^{n-2}\left.\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}t}\right|_{t=0}$$

(4) 积分定理

设　$\mathscr{L}[f(t)]=F(s)$，

则有　$\mathscr{L}\left[\int f(t)\mathrm{d}t\right]=\frac{F(s)}{s}+\left.\frac{\int f(0)\mathrm{d}t}{s}\right|_{t=0}$

$$\mathscr{L}\left[\int^n f(t)\mathrm{d}t\right]=\frac{F(s)}{s^n}+\left.\frac{\int f(0)\mathrm{d}t}{s^n}\right|_{t=0}+\cdots+\left.\frac{\int\cdots\int f(0)\mathrm{d}t}{s^n}\right|_{t=0}$$

(5) 终值定理

$$\lim_{t\to\infty}f(t)=\lim_{s\to0}sF(s)$$

这一性质极为重要，它使我们可以不作拉氏逆变换就能预测系统的稳态行为。

(6) 初值定理

$$\lim_{t\to0^+}f(t)=\lim_{s\to\infty}sF(s)$$

微分方程表征了系统的动态特性，它在经过拉氏变换后生成了代数方程，仍然表征了系统的动态特性。

如果所有起始条件为零，设系统(或元件)输出 $y(t)$ 的拉氏变换为 $Y(s)$ 和输入 $x(t)$ 的拉氏变换为 $X(s)$，则经过代数运算得

$$\frac{Y(s)}{X(s)}=G(s)\tag{22.11-1}$$

$G(s)$ 为一个以 s 为变量的函数，我们称这个函数为系统(或元件)的传递函数。故系统(或元件)的动态特性也可用其传递函数来表示。传递函数是经典控制理论中一个重要的概念。

用常系数线性微分方程表示的系统(或元件)，在初始条件为零的条件下，经拉氏变换后，微分方程中 n 阶的导数项相应地变换为 s^n 项，而系数不变。即拉氏变换后所得代数方程为一系数与原微分方程相同，以 s^n 代替 n 阶导数的多项式，移项后就是其传递函数。故一个系统(或元件) 的传递函数极易求得。

表 22.11-2　拉氏变换表(部分)

	原函数 $f(t)$	拉氏变换函数 $F(s)$	原函数图形($t\geqslant0$)
1	单位脉冲函数 $\delta(t)=\begin{cases}\infty\ (t=0)\\0\ (t\neq0)\end{cases}$	1	$f(t)$ 0 t

（续）

	原函数 $f(t)$	拉氏变换函数 $F(s)$	原函数图形（$t\geqslant 0$）
2	单位阶跃函数 $u(t)=\begin{cases}1(t>0)\\0(t\leqslant 0)\end{cases}$	$\frac{1}{s}$	
3	t	$\frac{1}{s^2}$	
4	t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$	
5	$e^{-\alpha t}$	$\frac{1}{s+a}$	
6	$(1-e^{-\alpha t})$	$\frac{\alpha}{s(s+\alpha)}$	
7	$\sin\omega t$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$	
8	$\cos\omega t$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$	
9	$e^{-\alpha t}\sin(\omega t+\theta)$	$\frac{\omega\cos\theta+(s+\alpha)\sin\theta}{(s+a)^2+\omega^2}$	
10	$e^{-\alpha t}\cos(\omega t+\theta)$	$\frac{(s+\alpha)\cos\theta-\omega\sin\theta}{(s+a)^2+\omega^2}$	
11	$e^{-\alpha t}\cos bt$	$\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}$	
12	$\frac{1}{b}e^{-\alpha t}\sin bt$	$\frac{1}{(s+a)^2+b^2}$	
13	$\frac{1}{\omega_n\sqrt{1-\xi^2}}e^{-\xi\omega_n t}\sin\omega_n\sqrt{1-\xi^2 t}$	$\frac{1}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2}$	
14	$\frac{1}{\omega_n^2}-\frac{1}{\omega_n^2\sqrt{1-\xi^2}}e^{-\xi\omega_n t}\sin(\omega_n\sqrt{1-\xi^2}t+\varphi)$	$\frac{1}{s(s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2)}$	
15	$\sinh\omega t$	$\frac{\omega}{s^2-\omega^2}$	
16	$\cosh\omega t$	$\frac{s}{s^2-\omega^2}$	

例　如图 22.11-3 所示为一个质量-弹性-油阻尼系统，该系统的力平衡微分方程为

$$M\frac{d^2x}{dt^2}+B_c\frac{dx}{dt}+kx=f \qquad (22.11\text{-}2)$$

式中　M——质量(kg)；

x——质量的位移(m)；

B_c——阻尼系数($N\cdot s\cdot m^{-1}$)；

k——弹簧刚度($N\cdot m^{-1}$)。

经拉氏变换得

$$Ms^2X(s)+B_csX(s)+kX(s)=F(s) \qquad (22.11\text{-}3)$$

写成传递函数为

$$G(s)=\frac{X(s)}{F(s)}=\frac{1/k}{\frac{M}{k}s^2+\frac{B_c}{k}+1} \qquad (22.11\text{-}4)$$

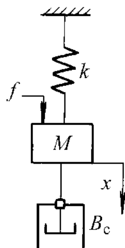


图 22.11-3　质量-弹性-油阻尼系统

2.1.3　方框图及其等效变换

图 22.11-2 所示是一种文字型式的方框图，它表示系统结构中各元件的功用及它们之间的相互连接和信号传递线路。这种方框图又称作结构方框图。另一种方框图即“函数方块图”，就是将元件或环节的传递函数写在相应的方框中，用箭头线将这些方框连接起来，如图 22.11-4 所示。指向方框图的箭头表示对其输入信号；从方框图出来的箭头表示输出。图中圆圈表示比较点，亦称加减点，它对两个以上信号根据其正、负进行代数运算。同一信号线上的各引出信号，数值与性质完全相同。方框图输出信号的因次，等于输入信号的因次与方框中传递函数因次的乘积。

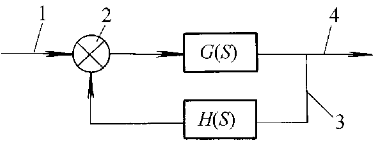


图 22.11-4　系统方框图
1—输入信号　2—比较点
3—引出信号　4—输出信号

方框图等效变换、简化法则见表 22.11-3。

表 22.11-3　方块图变换法则

序号	原 方 块 图	等效方块图
1	A +⊗ A−B +⊗ A−B+C；B −；C +	A +⊗ A+C +⊗ A−B+C；C +；B −
2	C +；A +⊗ A−B+C；−	C；A +⊗ A−B；B −；+⊗ A−B+C；− +
3	A → G_1 → AG_1 → G_2 → AG_1G_2	A → G_2 → AG_2 → G_1 → AG_1AG_2
4	A → G_1 → AG_1 → G_2 → AG_1G_2	A → G_1G_2 → AG_1G_2
5	A → G_1 → AG_1 +⊗ AG_1+AG_2；G_2 → AG_2 +	A → G_1+G_2 → AG_1+AG_2
6	A → G → AG +⊗ AG−B；B −	A +⊗ $A-\frac{B}{G}$ → G → AG−B；$\frac{G}{B}$ −；$\frac{1}{G}$ ← B
7	A +⊗ A−B → G → AG−BG；−	A → G → AG +⊗ AG−BG；A → G → BG −
8	A → G → AG；BG	A → G → AG；G → BG

（续）

序号	原 方 块 图	等效方块图
9	A　G　AG　A	A　G　AG　$\frac{1}{G}$　A　AG
10	A　+　−　B　A−B　A−B	B　−　+　A−B　A　+　−　B　A−B
11	A　G_1　AG_1　+　G_2　AG_2　−　AG_1+AG_2	A　G_2　$\frac{1}{G_2}$　G_1　+　AG_1　−　AG_1+AG_2
12	A　+　−　G_1　B　G_2	$\frac{1}{G_2}$　+　−　G_2　G_1　B
13	A　+　−　G_1　B　G_2	A　$\frac{G_1}{1+G_1G_2}$　B
14	A　G_1　B　G_2　C　B　B	A　G_1　B　G_2　C　B　B

2.2　典型环节

伺服系统是由若干个元件按一定型式耦合而成的。按各元件的传递函数的型式来说，可分成几种典型环节。从数学分析的观点看，任何一个复杂的系统都由有限的几个典型环节组成。

（1）比例放大环节

对于液压缸来说，如果忽略油的泄漏和可压缩性，如图 22.11-5 所示，活塞速度 v 与输入流量的关系为

$$q_v = vA \tag{22.11-5}$$

式中　v——液压缸活塞的运动速度（$m \cdot s^{-1}$）；

q_v——流量（$m^3 \cdot s^{-1}$）；

A——液压缸活塞的工作面积（m^2）。

经拉式变换，得传递函数为

$$G(s) = \frac{V(s)}{Q(s)} = \frac{1}{A} = K \tag{22.11-6}$$

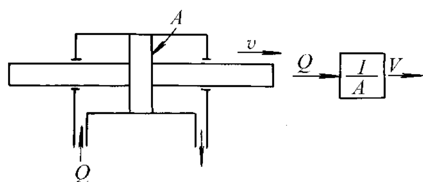


图 22.11-5　液压缸及其传递函数方框图

式(22.11-6)表明输入量经放大 K 倍后输出，K 则称为该环节的放大系数或增益。由此可见，传递函数为一常数的环节称为比例放大环节。

（2）积分环节

如图 22.11-6 所示，液压缸在以流量 q_v 为输入，活塞位移 2 为输出时，其关系式为

$$x(t) = \int \frac{q_v(t)}{A} dt$$

经拉氏变换得：

$$X(s) = \frac{1}{As} q_v(s) \tag{22.11-7}$$

传递函数则为

$$G(s) = \frac{X(s)}{Q(s)} = \frac{1/A}{s} = \frac{K}{s} \tag{22.11-8}$$

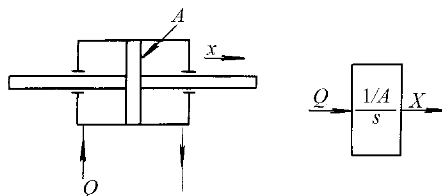


图 22.11-6　液压积分环节及其传递函数框图

我们称传递函数为 $G(s) = K/s$ 的环节为积分环节，它的输出量与输入量之间存在积分关系。以进入液压缸的流量为输入，以活塞位移为输出时，液压缸是一个积分环节。因此，同一元件（如液压缸）如以不同的物理量作为输入与输出，可有不同的传递函数。

（3）惯性环节

以图 22.11-7 所示液压缸为例，其运动方程式为

$$B_c \frac{dx}{dt} + kx = Ap \qquad (22.11\text{-}9)$$

式中　p——进油压力(Pa)；

A——液压缸工作面积(m^2)；

x——液压缸输出位移(m)；

B_c——阻尼系数($N \cdot s \cdot m^{-1}$)；

k——弹簧刚度($N \cdot m^{-1}$)。

经拉氏变换后，得其传递函数为

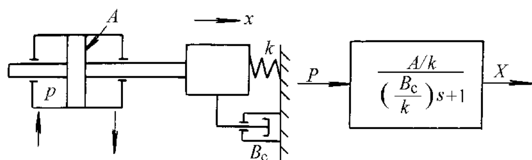


图 22.11-7　液压缸阻尼负载组成的惯性环节

$$G(s) = \frac{X(s)}{P(s)} = \frac{A}{B_c s + k} = \frac{A/k}{(B_c/k)s+1}$$

$$= \frac{K}{Ts+1} \qquad (22.11\text{-}10)$$

传递函数为 $G(s) = \frac{K}{Ts+1}$的环节称为惯性环节。

当输入函数$f(t)$为单位阶跃函数时，它的拉氏变换为 $F(s) = \frac{1}{s}$，从上述传递函数立即求出输出$X(s)$为

$$X(s) = G(s)F(s)$$

$$= \frac{K}{1+Ts}\frac{1}{s} = K\frac{\frac{1}{T}}{s\left(s+\frac{1}{T}\right)}$$

对 $X(s)$作拉氏逆变换，便可求得输出量对于时间 t 的函数，即微分方程的解：

$$x(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \qquad (22.11\text{-}11)$$

上述解中，当 $t \to \infty$ 时，$x(t)|_{t=\infty} = K$，即其稳态解为 $x_1(t) = K$。方程的解应是稳态解与瞬态解之和，所以瞬态解应是 $x_2(t) = x(t) - K = -Ke^{-\frac{t}{T}}$。

当 $t = T$ 时，由于 $e^{-1} = 0.368$，故 $x(T) = K(1 - 0.368) = 0.632K$。因此时间常数 T 是瞬态项减小到 37% 所需要的时间(或输出达到稳态值的 63% 所需要的时间)。T 越小，则跟随(响应)得越快，即其动态特性越好。同时，由$\left.\frac{dx(t)}{dt}\right|_{t=0} = \frac{K}{T}$，我们不难看出，如果系统响应保持初始速率(或曲线的初始斜率)，则当 $t = T$ 时输出即可达到稳态值。一般当 $t = 3T$ 时，$x(3T) = K(1 - e^{-3}) = 0.95K$，即认为其接近稳态了。时间常数 T 具有时间 t 的量纲(s)，它表征了惯性环节引起的滞后，是惯性环节的重要参数。图 22.11-8 为惯性环节对单位阶跃输入的响应曲线。

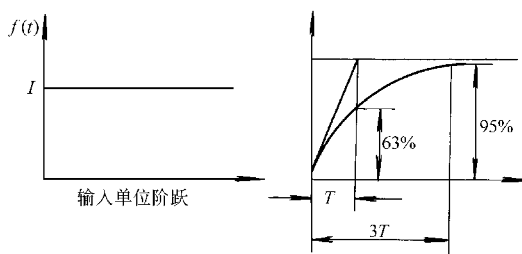


图 22.11-8　惯性环节对单位阶跃输入的响应曲线

(4) 微分环节

微分环节的典型运动方程是 $x(t) = K\frac{df(t)}{dt}$，因此它的传递函数是：

$$G(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = Ks \qquad (22.11\text{-}12)$$

以图 22.11-9 所示液压阻尼器为例，分析该环节的特性。

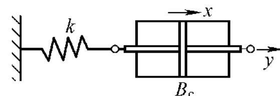


图 22.11-9　液压阻尼器

弹簧刚度为 k，阻尼器阻尼系数为 B_c。列出活塞的力平衡方程式：

$$弹簧力 = ky$$

$$阻尼力 = B_c \frac{d}{dt}(x - y)$$

忽略运动体的惯性力，则两力相等。

$$ky = B_c \frac{dx}{dt} - B_c \frac{dy}{dt}$$

$$\frac{B_c}{k}\frac{dy}{dt} + y = \frac{B_c}{k}\frac{dx}{dt}$$

经拉氏变换，得出传递函数为

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{\frac{B_c}{k}s}{\frac{B_c}{k}s+1} = \frac{Ts}{Ts+1} \qquad (22.11\text{-}13)$$

式中，$T = \frac{B_c}{k}$。当 T 很小时，$(Ts+1)$项可近似为 1，则 $G(s) \approx Ts$。故阻尼器当 T 很小时，可视为理想的微分环节。

(5) 振荡环节

如图 22.11-10 所示，如果考虑油液的弹性、负载质量、阻尼等因素的话，液压缸输入流量 Q 到输出 v 之间传递函数为振荡环节。

下面推导其传递函数：

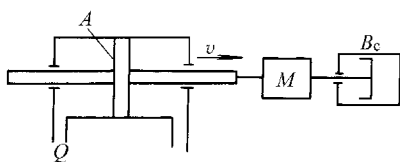


图 22. 11-10　液压缸振荡环节

液压缸力平衡方程为

$$pA = M\frac{dv}{dt} + B_c v \qquad (22.11\text{-}14)$$

式中　M——负载质量(kg)；

B_c——阻尼系数($N\cdot s\cdot m^{-1}$)。

液压缸流动连续性方程

$$q = Av + \frac{V_t}{4\beta_e}\frac{dp}{dt} \qquad (22.11\text{-}15)$$

式中　v——液压缸输出速度($m\cdot s^{-1}$)；

q——液压缸输入流量($m^3\cdot s^{-1}$)；

p——油液压力(Pa)；

A——液压缸工作面积(m^2)；

V_t——液压缸总容积(m^3)；

β_e——油液弹性模量(Pa)。

上式中$\frac{V_t}{4\beta_e}\frac{dp}{dt}$是考虑液压缸两腔油液的可压缩性得出的结果。

合并式(22. 11-14)和式(22. 11-15)并消去 p，得

$$\frac{V_t M}{4\beta_e A}\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{V_t B_c}{4\beta_e A}\frac{dv}{dt} + Av = q \qquad (22.11\text{-}16)$$

经拉氏变换，得其传递函数为

$$G(s) = \frac{V(s)}{q(s)} = \frac{1/A}{\frac{V_t M}{4\beta_e A^2}s^2 + \frac{V_t B_c}{4\beta_e A^2}s + 1} \qquad (22.11\text{-}17)$$

上式可改写为以下形式

$$G(s) = \frac{V(s)}{q(s)} = \frac{K}{\frac{1}{\omega_n^2}s^2 + \frac{2\zeta}{\omega_n}s + 1} \qquad (22.11\text{-}18)$$

式中，ω_n 为无阻尼自然频率，即

$$w_n = \sqrt{\frac{4B_cA^2}{V_tM}} \qquad (22.11\text{-}19)$$

ζ 为阻尼比，即

$$\zeta = \frac{B_c}{4A}\sqrt{\frac{V_t}{\beta_e M}} \qquad (22.11\text{-}20)$$

显然，当输入是单位阶跃函数时，振荡环节的输出函数是

$$X(s) = G(s)\cdot F(s) = \frac{K}{\frac{1}{\omega_n^2}s^2 + \frac{2\zeta}{\omega_n}s + 1}\cdot\frac{1}{s}$$

$$= \frac{K\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)} \qquad (22.11\text{-}21)$$

对上式作拉氏逆变换求得输出的时间函数(方程解)为

$$x(t) = K\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\times\sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}t + \varphi)\right] \qquad (22.11\text{-}22)$$

$$\varphi = \arccos\zeta$$

这一解说明，振荡环节在 $t\to\infty$ 时，即稳态解 $x_1(t) = K$，而瞬态解为

$$x_2(t) = -\frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\cdot\sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2 t} + \varphi)$$

瞬态解是一个以阻尼自然频率 $\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$作振荡的正弦波。但由于因子 $e^{-\zeta\omega_n t}$的存在，随着时间振荡的振幅逐渐衰减。从物理角度来说，这是由于系统中存在阻尼，因此不断消耗能量，最后使振荡衰减为零而到稳态。图 22. 11-11 是振荡环节对阶跃输入的响应曲线(图中 x_{ss}为稳态值)。由图可见 ζ 越小越易产生振荡。$\zeta < 1$ 为欠阻尼情况，其特征为响应快，但在达到稳定值前有振荡产生，即存在超调量。一般认为$\zeta =0.7$，超调量较大。当 $\zeta = 1$ 时，称为临界阻尼，此时不会产生振荡，即无超调量。$\zeta > 1$ 时，则为过阻尼，其响应缓慢，滞后很大。从式(22. 11-22)也可看出，无阻尼自然频率 ω_n 和阻尼比 ζ 是振荡环节的主要参数，其瞬态响应情况(品质)决定于这两个参数。

也可以直接从振荡环节对于单位阶跃输入响应曲线上来评价其过渡过程的品质。评价的指标是延迟时间 t_d、上升时间 t_r、峰值时间 t_p、最大超调量 M_p 和调整时间 t_s 等，见图 22. 11-12。它们的定义分别为：

延迟时间 t_d——输出达到稳态值的 0. 5 所需的时间，$x(t_d) = 0.5$；

上升时间 t_r——输出从稳态值的 0. 1 上升到稳态值的 0. 9 所需要的时间；

峰值时间 t_p——输出达到最大值所需时间；

最大超调量 M_p——输出的最大值和稳态值之差与稳态值之比的百分数，即

$$M_p = \frac{x(t_p) - x(\infty)}{x(\infty)}\times 100\% \qquad (22.11\text{-}23)$$

调整时间 t_s——输出 $x(t)$与稳态值之差达到允许误差 $\pm\delta$，并一直保持在此允许误差范围内所需的时间，也称过渡过程时间。它表征了系统达到稳态(也即过渡过程结束)所需的时间。ε 一般取稳态值的 5%，对要求较高的系统则为 2%。如果取误差带 $\delta = \pm 5\%$，$\zeta = 0.8$，则 $t_s = 3.5/\zeta\omega_n$。

实际系统中，我们希望调整时 t_s 短，超调量 M_p 小。从式中可以看到，加大自然频率 ω_n 可减小 t_s，同时 ω_n 的增加不会影响超调量，这是比较理想的。

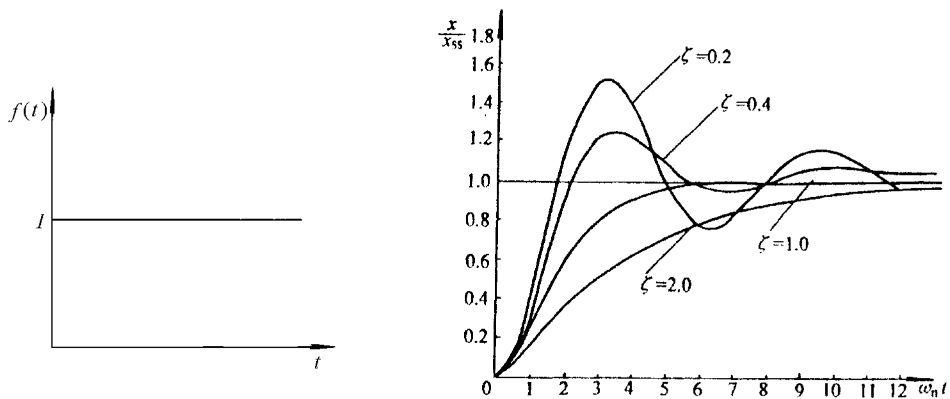


图 22. 11-11 振荡环节对阶跃输入的响应曲线

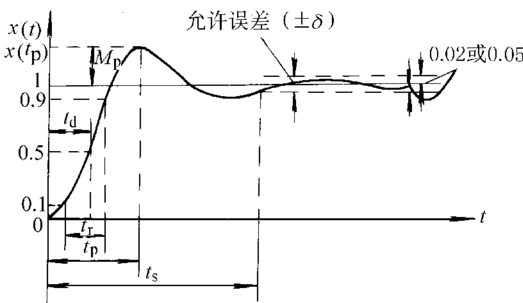


图 22. 11-12 过渡过程品质

如果减小阻尼比 ζ，M_p 却要增加，这是我们不希望的。前面所提到的希望 $\zeta=0.7$ 就是基于这个出发点。

典型的振荡环节的物理模型中，具有两种型式贮藏能量的元件，并包含消耗能量的阻尼、阻抗之类元件。我们所熟悉的弹簧-质量系统，含有电阻、电容和电感的网络都是典型的振荡环节。而一些以高阶(二阶以上)微分方程来描述的系统的过渡过程与二阶振荡环节的过渡过程曲线很相似。上述评价振荡环节对阶跃输入响应过渡过程品质的指标，也往往用于评价高阶系统。

通常，以一些典型的输入信号(如脉冲、阶跃、斜坡、等加速度等信号)输入系统，研究从 $t=0$ 开始到系统处于稳定状态的过程称为瞬态响应。它对分析控制系统的性能很有用。下面将一些典型环节对于阶跃(或斜坡)输入的瞬态响应归纳成表 22. 11-4，供参考。

表 22. 11-4 典型环节的瞬态响应

名称	输入信号	传递函数	输出	实例	意义
比例环节	I, f(t), t	F(s) → K → X(s)	X(t), K, t	F, v, q 输入 q 输出 v $K=\frac{1}{F}$	输出与输入成比例
积分环节	I, f(t), t	F(s) → $\frac{K}{s}$ → F(s)	X(t), t	F, S, q 输入 q 输出 S $K=\frac{1}{F}$	输出与输入对时间的积分成比例
惯性环节	I, f(t), t	F(s) → $\frac{K}{1+Ts}$ → X(s)	X(t), K, 63%, 95%, T, 3T, t	F, S, K_S, M, K_B, p 输入 p 输出 S $m=0$，$K_S\neq0$，$K_B\neq0$ $T=\frac{K_B}{K_S}$，$K=\frac{F}{K_S}$	输出滞后于输入；以时间常数 T 来衡量其滞后程度

（续）

名称	输入信号	传递函数	输出	实例	意义
振荡环节	I, $f(t)$, t	$F(s)\rightarrow \dfrac{K}{\dfrac{1}{\omega_n^2}s^2+\dfrac{2}{\omega_n}\xi s+1}\rightarrow X(s)$	$X(t)$；$\zeta=0.3$，$\zeta=1$，$\zeta=1.7$；t	P_L，X_V，K_S，K_B 输入 P_L（外力）输出 X_V $\omega_n=\sqrt{\dfrac{K_S+K_B}{m_V}}$ $\zeta=\dfrac{K_B}{2}\sqrt{\dfrac{1}{(K_S+K_B)m_V}}$	在 $\zeta<1$ 时欠阻尼输出有振荡； $\zeta=1$ 临界阻尼无振荡； $\zeta>1$ 过阻尼滞后很大
微分环节	I, $f(t)$, t；x, $f(t)$, t	$F(s)\rightarrow Ks\rightarrow X(s)$	$X(t)$，t；$X(t)$，K，t	q，p 输入 p 输出 q	输出与输入对时间的微分成比例

2.3　稳定性

所谓自动控制系统的稳定性，就是如果系统受到外界扰动，当扰动消失后，系统能以足够的精度恢复到稳定状态的性能。若系统承受扰动后不能再恢复初始平衡状态，系统发生振荡，这种系统称为不稳定系统。

带有反馈的系统容易出现不稳定问题。这种情况可由图 22.11-13 来说明。对于一个系统 $G(s)$ 给定一个正弦输入，由于 $G(s)$ 的存在，使输出与输入有相位差。输出和输入通过比较装置相减后再输入 $G(s)$。如果在一定频率下，输出与输入在相位上差 180°，如图 22.11-13a 所示。而此时输出的幅度大于或等于输入的幅度，经过比较点后，输入减去负反馈等于两者相加，偏差幅值加大，如图 22.11-13b 所示。

通过 $G(s)$ 后将使输出幅度进一步加大。这样反复下去，输出幅度将不断加大，系统输出为一发散的振荡。最后受到饱和因素的限制，系统以一定频率、一定幅度振荡着。上面提到的输出输入相位差 180° 而输出幅度仍不小于输入幅度就是系统发散，或系统不稳定的条件。

判断一个系统是否稳定，可以通过劳斯判据进行判定。为了使用劳斯判据，首先应求得系统的特征方程。

如果系统是稳定的，在经过一定时间后，它的瞬态解衰减为零。所以要判断一个系统是否稳定就要分析它的瞬态解。而系统的瞬态解就是系统运动微分方程中齐次部分的解。将此齐次微分方程拉氏变换后就

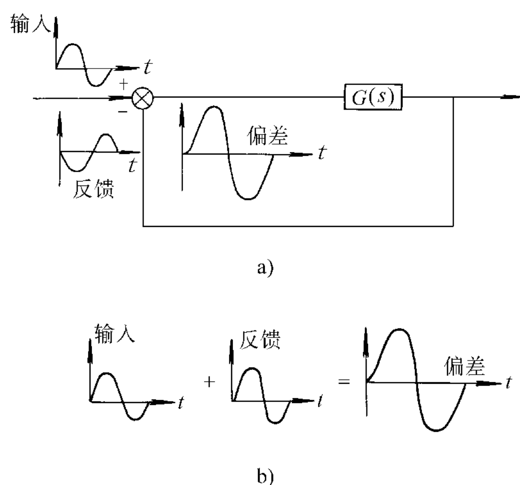


图 22.11-13　正弦输入产生振荡的条件

得到一个以 s 为变量的代数方程。齐次方程的解也即系统的瞬态解的一些特性完全由此代数方程的解决定。这个代数方程就称为系统的特征方程。系统的特征方程也可由其传递函数得到，其闭环传递函数

$$\phi(s)=\frac{G(s)}{1+G(s)H(s)}$$

分母 $1+G(s)H(s)=0$ 就是系统的特征方程。

通常，我们可以将特征方程写成 s 的多项式，即

$$1+G(s)H(s)=a_0s^n+a_1s^{n-1}+\cdots+a_{n-1}s+a_n=0 \tag{22.11-24}$$

要使式(22.11-24)中没有正实部的根，其必要条件是

所有系数 $a_0, a_1, \cdots, a_n$ 都大于零（不能有一个系数小于或等于零）。但只有这一条件还不充分，还需将特征方程的系数排成两行，第一行由1,3,5,…项系数组成，第二行由2,4,6,…项系数组成，然后逐行计算直计算到 n 行为止。第 $n+1$ 行仅第一列有值，且等于特征方程中系数 a_n，表中系数排列呈三角形。

$$
\begin{array}{c|c|cccccc}
s^n & a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & a_8 & \cdots \\
s^{n-1} & a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & a_9 & \cdots \\
s^{n-2} & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & \cdots & \\
s^{n-3} & c_1 & c_2 & c_3 & & & \\
\vdots & d_1 & d_2 & & & & \\
 & \vdots & & & & & \\
s_0 & a_n & & & & &
\end{array}
$$

其中
$$b_1 = \frac{a_1 a_2 - a_0 a_3}{a_1}$$
$$b_2 = \frac{a_1 a_4 - a_0 a_5}{a_1}$$
$$c_1 = \frac{b_1 a_3 - a_1 b_2}{b_1}$$
$$c_2 = \frac{b_1 a_5 - a_1 b_3}{b_1}$$

系统稳定的充分必要条件是：

1）系统的特征方程的各项系数全部为正值。

2）第1列，即 a_0、a_1、b_1、c_1、d_1…均为正时。

2.4 稳态误差

系统对输入信号的响应有稳态和瞬态两部分。如果系统是稳定的，当输入作用于系统足够长时间后，瞬态部分消失，系统进入稳态。一般情况下稳态输出与输入信号有相同的函数型式，但在数值上与输入信号所希望的输出不完全一致，这里存在着误差，这就是稳态误差。稳态误差是衡量控制系统性能的重要指标。

图22.11-14所示典型的反馈控制系统方框图中，$E(s)$是误差信号。我们定义稳态误差

$$e_{ss} = \lim_{t \to \infty} e(t) = \lim_{s \to 0} sE(s) \quad (22.11\text{-}25)$$

已知
$$\phi(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

或
$$C(s) = \frac{R(s)G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

而
$$E(s)G(s) = C(s)$$

所以
$$E(s) = \frac{C(s)}{G(s)} = \frac{R(s)}{1 + G(s)H(s)} = \frac{R(s)}{1 + G_0(s)} \quad (22.11\text{-}26)$$

式中，$G_0(s) = G(s)H(s)$ 为开环传递函数。将式(22.11-26)代入式(22.11-25)，得

$$e_{ss} = \lim_{s \to 0} sE(s) = \lim_{s \to 0} \frac{sR(s)}{1 + G_0(s)} \quad (22.11\text{-}27)$$

由此可见，稳态误差决定于输入函数 $R(s)$ 和开

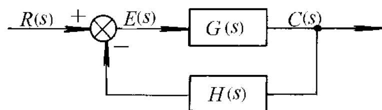


图22.11-14 典型反馈控制系统的方框图

环传递函数 $G_0(s)$。当所讨论的是单位反馈系统，即 $H(s)=1$，$G_0(s)=G(s)$，此时输出的希望值就是输入信号，$E(s)$表示了输出的希望值与实际输出值之差，与一般所说的误差概念一致。而对于非单位反馈系统，$E(s)$只表示了输入信号与主反馈信号之差。这里我们不再研究二者的差别。

$G_0(s)$一般可写成两个多项式之比，这里取因式分解后的形式，即

$$G_0(s) = \frac{K(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)\cdots(\tau_m s + 1)}{s^{\gamma}(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)\cdots(T_n s + 1)} \quad (22.11\text{-}28)$$

式中，K 为系统开环增益，T、τ 为系统开环时各串联环节的时间常数，一般 $m<n$。分母上 s 的幂次 γ 表示开环系统中所含积分环节的数目。γ 的数值，被用来定义闭环系统的类型。$\gamma=0$ 时称为“0”型系统，$\gamma=1$ 时称为“I”型系统，$\gamma=2$ 时称为“Ⅱ”型系统等等。由于系统稳定性的考虑，实际系统中一般不超过两个积分环节，即 $\gamma \leqslant 2$。

下面我们讨论各种典型输入下，各型系统的稳态误差。

（1）幅值为 A 的阶跃输入

输入函数 $r(t) = Au(t)$，$u(t) = \begin{cases} 1 & t \geqslant 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$，其拉氏变换为

$$R(s) = \frac{A}{s}$$

则
$$e_{ss} = \lim_{s \to 0} \frac{sR(s)}{1 + G_0(s)} = \lim_{s \to 0} \frac{s\frac{A}{s}}{1 + G_0(s)} = \lim_{s \to 0} \frac{A}{1 + G_0(s)} \quad (22.11\text{-}29)$$

对于“0”型系统

$$G_0(s) = \frac{K(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)\cdots(\tau_n s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)\cdots(T_n s + 1)}$$

故

$$\lim G_0(s) = \lim_{s \to 0} \frac{K(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)\cdots(\tau_n s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)\cdots(T_n s + 1)} = K$$

$$e_{ss} = \lim_{s \to 0} \frac{A}{1 + G_0(s)} = \frac{A}{1 + K} \quad (22.11\text{-}30)$$

因此，“0”型系统对幅值为 A 的阶跃输入信号有一稳态误差 e_{ss}（见图22.11-15）。其值与输入幅度和系统增益有关。显然提高系统开环增益 K 就可以减少稳态误差，提高控制精度。

对于“Ⅰ”型系统

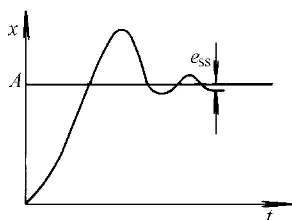


图 22. 11-15　阶跃输入下“0”型系统稳态误差 e_{ss}

$$G_0(s)=\frac{K(\tau_1 s+1)(\tau_2 s+1)\cdots(\tau_n s+1)}{s(T_1 s+1)(T_2 s+1)\cdots(T_n s+1)}$$

则

$$\lim_{s\to 0}G_0(s)=\frac{K}{0}=\infty$$

$$e_{ss}=\frac{A}{1+\infty}=0$$

这说明“Ⅰ”型系统对阶跃输入信号稳态时没有误差产生。

通过类似分析，不难推定“Ⅱ”型以上系统对阶跃输入信号的稳态误差均为零。

（2）输入为斜坡函数 $r(t)=At$（斜率为 A 的斜线）

$$e_{ss}=\lim_{s\to 0}\frac{sR(s)}{1+G_0(s)}=\lim_{s\to 0}\frac{s\dfrac{A}{s^2}}{1+G_0(s)}$$
$$=\lim_{s\to 0}\frac{A}{s+sG_0(s)}=A\lim_{s\to 0}\frac{1}{sG_0(s)}\tag{22. 11-31}$$

对于“0”型系统

则

$$\lim_{s\to 0}\frac{1}{sG_0(s)}=\lim_{s\to 0}\frac{1}{s\dfrac{K(\tau_1 s+1)(\tau_2 s+1)}{(\tau_3 s+1)(\tau_4 s+1)}}=\infty$$

$$e_{ss}=A\lim_{s\to 0}\frac{1}{sG_0(s)}=A\cdot\infty=\infty$$

这说明“0”型系统跟随斜坡输入信号 $r(t)=At$ 时，其误差随时间不断增大，直至无穷大。因此“0”型系统不宜在斜坡输入下工作。

对于“Ⅰ”型系统

则

$$\lim_{s\to 0}\frac{1}{sG_0(s)}=\lim_{s\to 0}\frac{1}{s\dfrac{K(\tau_1 s+1)(\tau_2 s+1)\cdots(\tau_m s+1)}{s(T_1 s+1)(T_2 s+1)\cdots(T_n s+1)}}=\frac{1}{K}$$

因此

$$e_{ss}=A\lim_{s\to 0}\frac{1}{sG_0(s)}=\frac{A}{K}\tag{22. 11-32}$$

上式说明“Ⅰ”型系统可以跟随斜坡输入信号，但稳态误差为 $e_{ss}=A/K$（图 22. 11-16）。同样，提高增益 K 可以提高系统的控制精度。

对于“Ⅱ”型系统

$$G_0(s)=\frac{K(\tau_1 s+1)(\tau_2 s+1)\cdots(\tau_m s+1)}{s^2(T_1 s+1)(T_2 s+1)\cdots(T_n s+1)}$$

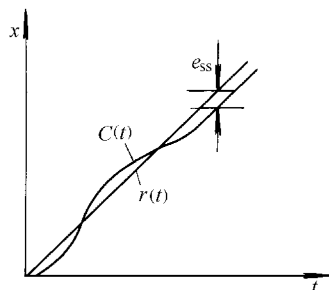


图 22. 11-16　斜坡输入下“Ⅰ”型系统的稳态误差 e_{ss}

$$\lim_{s\to 0}\frac{1}{sG_0(s)}=\lim_{s\to 0}\frac{s(T_1 s+1)(T_2 s+1)\cdots(T_n s+1)}{K(\tau_1 s+1)(\tau_2 s+1)\cdots(\tau_m s+1)}=0$$

所以

$$e_{ss}=A\lim_{s\to 0}\frac{1}{sG_0(s)}=0$$

“Ⅱ”型系统可以跟随斜坡输入信号，其稳态误差为零，即没有误差。同样，高于“Ⅱ”型的系统对斜坡信号也可以跟随，且稳态时无误差。

“Ⅱ”型系统可以跟随斜坡输入信号，其稳态误差为零，即没有误差。同样，高于“Ⅱ”型的系统对斜坡信号也可以跟随，且稳态时无误差。

（3）抛物线输入信号（等加速输入信号）

由于这一输入信号的拉氏变换是 $R(s)=A/s^3$。通过上述类似分析不难得出，“0”型、“I”型系统均无法跟随这种输入函数。而“Ⅱ”型系统则可以跟随这类输入函数，但其稳态误差为 $e_{ss}=A/K$（图22. 11-17）。

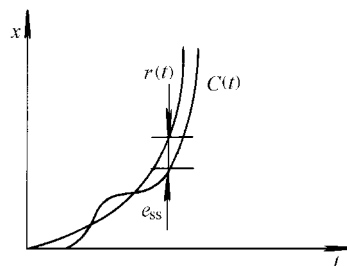


图 22. 11-17　抛物线输入下“Ⅱ”型系统的稳态误差

综上所述，系统的稳态误差决定于系统的类型和输入函数的型式。现将其稳态误差归纳为表 22. 11-5。

表 22. 11-5　单位反馈系统稳定稳态误差

稳态误差 / 系统类型	输入函数型式		
	阶跃 $r(t)=Au(t)$	斜坡 $r(t)=At$	抛物线 $r(t)=\frac{1}{2}At^2$
0	$\frac{A}{1+K_p}$	∞	∞
Ⅰ	0	$\frac{1}{K_v}$	∞
Ⅱ	0	0	$\frac{1}{K_a}$

2.5　频率特性

系统或元件对正弦输入的稳态响应称为频率特性或频率响应。应用频率特性来分析系统的动态性能，在控制理论中则称作频率特性分析法或频率响应分析法。它对于系统稳定性、品质分析以及系统的设计是很有效的一种方法。

2.5.1　频率特性分析

频率响应分析法是以输入信号的频率为变量，对系统的性能在频率域内进行研究的一种方法。

对于一个线性系统，当输入是一个正弦函数时，系统的稳态输出也是一个与输入角频率相同的正弦函数，只是输出的幅值与相角不同于输入。若输入为

$$x(t)=x_0\sin\omega t$$

则稳态输出为　$y(t)=y_0\sin(\omega t+\varphi)$

式中　ω——输出和输出正弦信号的角频率($\mathrm{rad\cdot s^{-1}}$)；

x_0——输入正弦信号的振幅；

y_0——输出正弦信号的振幅；

φ——输出对输入的相位滞后，即相位差。

如图 22.11-18 所示，$G(s)$表示一个线性系统，其输出振幅 y_0 与输出对输入的相位差 φ 均是输入正弦函数角频率 ω 的函数。ω 增高时，输出振幅 y_0 减小，而输出对输入的相位滞后 φ 增加。

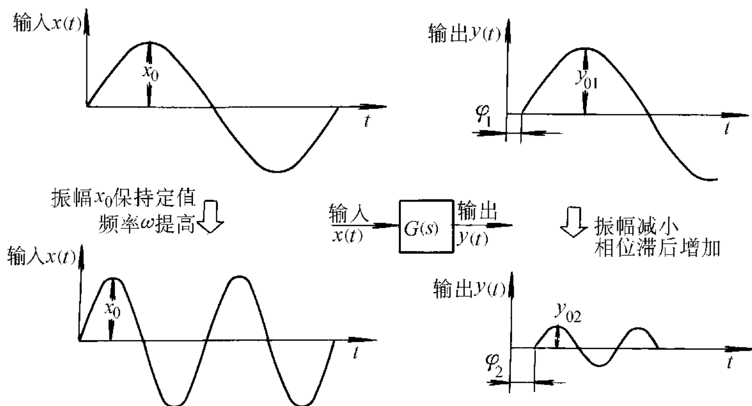


图 22.11-18　振幅、相位差和角频率关系

设有一系统其运动微分方程式为

$$a\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}+b\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}+cy=x(t)$$

为了便于分析，取其输入为一谐波函数

$$x(t)=x_0(\cos\omega t+\mathrm{j}\sin\omega t)=x_0\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t}$$

系统的稳态输出为

$$y(t)=y_0[\cos(\omega t+\varphi)+\mathrm{j}\sin(\omega t+\varphi)]=y_0\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t+\varphi)}$$

将上述 $x(t)$、$y(t)$ 的表达式代入运动微分方程，可得

$$y(t)[a(\mathrm{j}\omega)^2+b(\mathrm{j}\omega)+c)]=x(t)$$

令
$$G(\mathrm{j}\omega)=\frac{y(t)}{x(t)}$$

则
$$G(\mathrm{j}\omega)=\frac{1}{a(\mathrm{j}\omega)^2+b(\mathrm{j}\omega)+c}$$

式中 $G(\mathrm{j}\omega)$代表了在谐波函数输入时，输出的稳态响应与输入之比，也说明了系统对谐波输入的传递能力。它是输入频率 ω 的函数，我们称它为系统(或元件)的频率特性(或频率响应)。上述系统的传递函数为

$$G(s)=\frac{y(s)}{x(s)}=\frac{1}{as^2+bs+c}$$

对比 $G(s)$与 $G(\mathrm{j}\omega)$的表达式，不难看出，只要令传递函数中的拉氏算子 $s=\mathrm{j}\omega$，就可由传递函数 $G(s)$直接求得其频率特性 $G(\mathrm{j}\omega)$。这可应用于求取任何系统或元件的频率特性。频率特性是传递函数的一个特殊情况。由于传递函数决定于系统(或元件)本身的结构，所以频率特性也只表示系统(或元件)本身的特性。

以上说明了在已知系统(或元件)传递函数的情况下，其频率特性极易求取。如果系统中某些元件很难从分析其物理规律来确切地列写其动态方程，则其频率特性可用实验方法来求取。即可对该元件输入不同频率的正弦波，记录输出端的幅值和相位就得到这一元件的频率特性(当然这一元件本身应该是稳定的)。这是频率响应法的一个优点。

闭环系统的频率特性一般可写成

$$\Phi(\mathrm{j}\omega)=\frac{G(\mathrm{j}\omega)}{1+G(\mathrm{j}\omega)H(\mathrm{j}\omega)}$$

$$=\frac{b_0(\mathrm{j}\omega)^m+b_1(\mathrm{j}\omega)^{m-1}+\cdots+b_{m-1}(\mathrm{j}\omega)+b_m}{a_0(\mathrm{j}\omega)^n+a_1(\mathrm{j}\omega)^{n-1}+\cdots+a_{n-1}(\mathrm{j}\omega)+a_n}$$

(22.11-33)

这是一个复变函数，将其实部和虚部分开，则

$$\Phi(j\omega)=U(j\omega)+jV(j\omega) \quad (22.11\text{-}34)$$

式中　$U(j\omega)$——$\Phi(j\omega)$的实部；

$V(j\omega)$——$\Phi(j\omega)$的虚部。

直角坐标中横坐标表示实部，纵坐标表示虚部，则 $\Phi(j\omega)$在复平面上可用一矢量表示，矢量端点为其坐标值(图 22.11-19)。矢量的模 $H(\omega)$就是输出和输入幅值之比(称幅频特性)，矢量与实轴的夹角 $\Phi(j\omega)$则是输出与输入的相位差(称相频特性)。

$$H(\omega)=|\Phi(j\omega)|=\sqrt{U^2(\omega)+V^2(\omega)}$$

$$\varphi(\omega)=\angle\Phi(j\omega)=\arctan\frac{V(\omega)}{U(\omega)}$$

由于

$$U(\omega)=H(\omega)\cos\varphi(\omega)$$

$$V(\omega)=H(\omega)\sin\varphi(\omega)$$

所以

$$\Phi(j\omega)=U(\omega)+jV(\omega)=H(\omega)[\cos\varphi(\omega)+j\sin\varphi(\omega)]=H(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

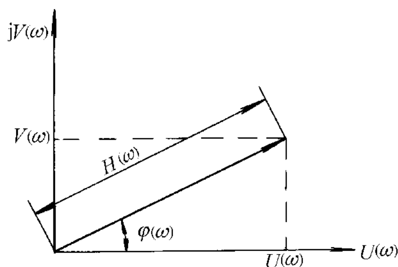


图 22.11-19　闭环系统频率特性(矢量图)

当频率 ω 从 0 变到∞时，矢量端点在复平面上描出一条轨迹，它表示了输出与输入幅值之比 H 和相角 φ 随着 ω 而变化的情况，所以称之为幅相频率特性。

对于稍为复杂的系统，绘制其幅相频率特性时，有一定的计算工作量。如果系统中元件有增减，或元件参数有变化，其幅相频率特性就需全部重新计算，同时也不易看出系统中个别元件的参数对整个系统频率特性的影响。采用对数频率特性图(博德图)就能在一定程度上克服上述缺点。

博德图是分别用两个直角坐标图来表示幅频特性和相频特性。二图的横坐标均为频率 ω 的对数，即按 $\lg\omega$ 的值分度(但习惯上图上仍标其 ω 值)。例如：$\omega=1$ 时 $\lg\omega=0$；$\omega=10$ 时 $\lg\omega=1$；$\omega=100$ 时 $\lg\omega=2$；…。所按对数分度时，频率每变化十倍(称为一个十倍频程)，间隔距离等于一个单位长度，频率每变化一倍(称为一个倍频程)，间隔距离为 0.301(lg2)个单位长度。由于采用了对数坐标，因此使图中包含的频率范围大大扩展。表示幅频特性图中纵坐标是 $L=20\lg H$，即按 $20\lg H$ 的值等分刻度，单位是分贝(dB)，此图称为对数幅频特性，用 $L(\omega)$来表示。表示相频特性图中纵坐标是 φ，以度(°)为单位等分刻度，此图称为对数相频特性。博德图一般画在半对数坐标纸上。

现以惯性环节为例说明博德图的作法。已知惯性环节的传递函数是

$$G(s)=\frac{1}{Ts+1}$$

因此频率特性为

$$G(j\omega)=\frac{1}{1+j\omega T}=\frac{1-j\omega T}{1+\omega^2T^2}=\frac{1}{1+\omega^2T^2}-j\frac{\omega T}{1+\omega^2T^2}=U(\omega)+jV(\omega)$$

$$H(\omega)=|G(j\omega)|=\sqrt{U^2(\omega)+V^2(\omega)}=\frac{1}{1+\omega^2T^2}\sqrt{1+\omega^2T^2}=\frac{1}{\sqrt{1+\omega^2T^2}}$$

$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{V(\omega)}{U(\omega)}=\arctan\frac{-\dfrac{\omega T}{1+\omega^2T^2}}{\dfrac{1}{1+\omega^2T^2}}=\arctan(-\omega T)$$

对数幅频特性

$$L(\omega)=20\lg H(\omega)=20\lg\frac{1}{\sqrt{1+\omega^2T^2}}=-20\lg(1+\omega^2T^2)^{1/2}$$

当 $\omega T\leqslant1$，即 $\omega\leqslant\frac{1}{T}$时，$L(\omega)\approx-20\lg1=0$。因此低频段 $L(\omega)$可近似为一条与横轴重合的直线。在高频段，$\omega T\geqslant1$，即 $\omega\geqslant\frac{1}{T}$，则 $L(\omega)\approx-20\lg T$。此时，当 $\omega_1=\frac{1}{T}$时，$L(\omega_1)=-20\lg\frac{1}{T}\cdot T=0$；而在 $\omega_2=10\omega_1$ 时，$L(\omega_2)=-20\lg\frac{10}{T}\cdot T=-20$。因此高频段，频率变化一个十倍频程(用 dec 表示)，$L(\omega)$下降 20dB，是一条斜率为 -20dB/dec 的直线。由此，我们可用上述两条直线组成的折线来近似地表示惯性环节的对数幅频特性。两段直线的交点在 $\omega=\frac{1}{T}$处，称为转角频率或交频率。实际上，$L(\omega)=-20\lg(1+\omega^2T^2)^{1/2}=0$，故在 $\omega=\frac{1}{T}$处，$L(\omega)$不是零，而是在 $L\left(\frac{1}{T}\right)=-20\lg\sqrt{2}=-3\text{dB}$。严格讲 $L(\omega)$是一条光滑曲线，以折线代替时，在 $\omega=\frac{1}{T}$处误差最大，

但也只有 3dB。因此通常可先画近似折线后再加以修正，有时也直接用近似折线来表示(图 22. 11-20)。

下面看一下对数相频特性

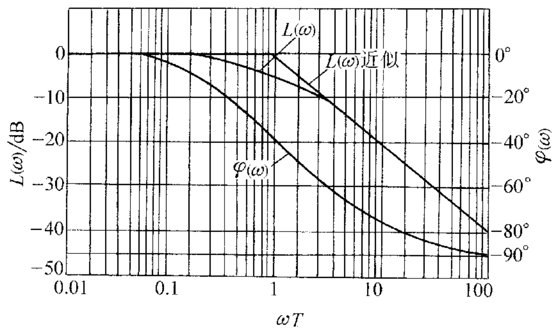


图 22. 11-20　惯性环节对数频率特性(博德图)

$$\varphi(\omega)=\arctan(-\omega T)$$

故 ω 从 $0\rightarrow\infty$ 时，φ 从 $0°\rightarrow 90°$。而 $\omega=\dfrac{1}{T}$时，$\varphi=-45°$。若 T 变化，$\varphi(\omega)$ 曲线形状不变，只要将 $-45°$对准 $\omega=\dfrac{1}{T}$点平移曲线即可(图 22. 11-20)。

各典型环节的博德图均可用上述方法测出，详见表 22. 11-6。而一个系统的传递函数往往是几个典型环节传递函数之积。由于乘积或商的对数均能转化为对数求和与求差。因此知道了各个环节的博德图后，通过图上的加与减(线性叠加)就可获得整个系统的博德图。这正是博德图的优点。它使我们可以很方便地根据元件的频率特性画出系统的频率特性，并能清楚地了解每个元件的影响。有了系统的博德图就可分析系统的性能了。

表 22. 11-6　典型环节频率特性

名称	运动微分方程	传递函数	频率特性	博德图
比例环节	$y(t)=Kx(t)$	K	K	L(ω)、ω、φ(ω)、ω
积分环节	$y(t)=\int_0^t x(t)\mathrm{d}t$ $\dfrac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t}=x(t)$	$\dfrac{1}{s}$	$\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega}$	L(ω)、ω=1、ω、−20dB/dec、φ(ω)、0°、ω、−90°
微分环节	$y(t)=\dfrac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}$	s	$\mathrm{j}\omega$	L(ω)、20dB/dec、ω=1、ω、φ(ω)、90°、0°、ω
惯性环节	$T\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}+y(t)=x(t)$	$\dfrac{1}{1+Ts}$	$\dfrac{1}{1+\mathrm{j}\omega T}$	L(ω)、ω=1/T、0、ω、−20dB/dec、φ(ω)、ω、−45°、−90°
振荡环节	$T^2\dfrac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}+2\zeta T\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}+y$ $=x(t)$	$\dfrac{1}{T^2s^2+2\zeta Ts+1}$	$\dfrac{1}{T^2(\mathrm{j}\omega)^2+2\zeta T\mathrm{j}\omega+1}$	L(ω)、ω=1/T、ω、−40dB/dec、φ(ω)、0°、−90°、−180°

2. 5. 2　对数幅相频率特性的稳定性判据

(1) 开环系统是稳定的对数幅相频率特性稳定性判据

根据博德图 22. 11-21 我们可以得到稳定性判据。

当开环系统是稳定的(即 $m=0$)，则在 $L(\omega)\geqslant 0$ 的所有频率 ω 值下，相角 $\varphi(\omega)\geqslant 0$ 不超过 $-\pi$ 线，那么闭环系统是稳定的。

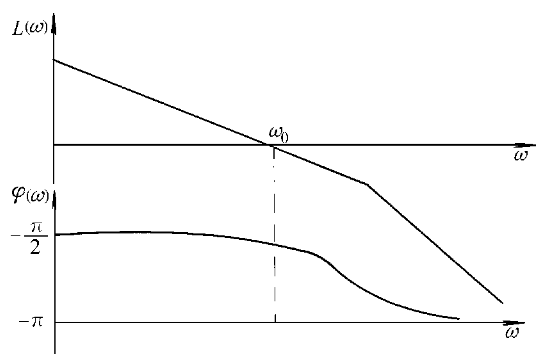


图 22.11-21　博德图

（2）对数幅相频率特性稳定性判据普遍情况

如果系统在开环状态下的特征方程式有 m 个根在复平面的右边，它在闭环状态下稳定的充分兼必要条件是：在所有 $L(\omega)\geqslant 0$ 的频率范围内，相频特性曲线 $\varphi(\omega)$ 在 $-\pi$ 线上的正负穿越之差为$\frac{m}{2}$。

例如图 22.11-22a，已知系统开环特征方程式有 2 个右根（即 $m=2$），从图知正负穿越之差为 $1-2=-1\neq\frac{m}{2}$，因 $m=2$，所以这个系统在闭环状态下是不稳定的。

如图 22.11-22b，已知系统开环特征方程式有 2 个右根（即 $m=2$），从图知正负穿越之差为 $2-1=\frac{2}{2}$，所以这个系统在闭环状态下是稳定的。

如图 22.11-22c，这个系统开环特征方程式没有右根（即 $m=0$），从图知正负穿越之差为 $1-1=0$，所以这个系统在闭环状态下是稳定的。

实例　已知开环系统的传递函数

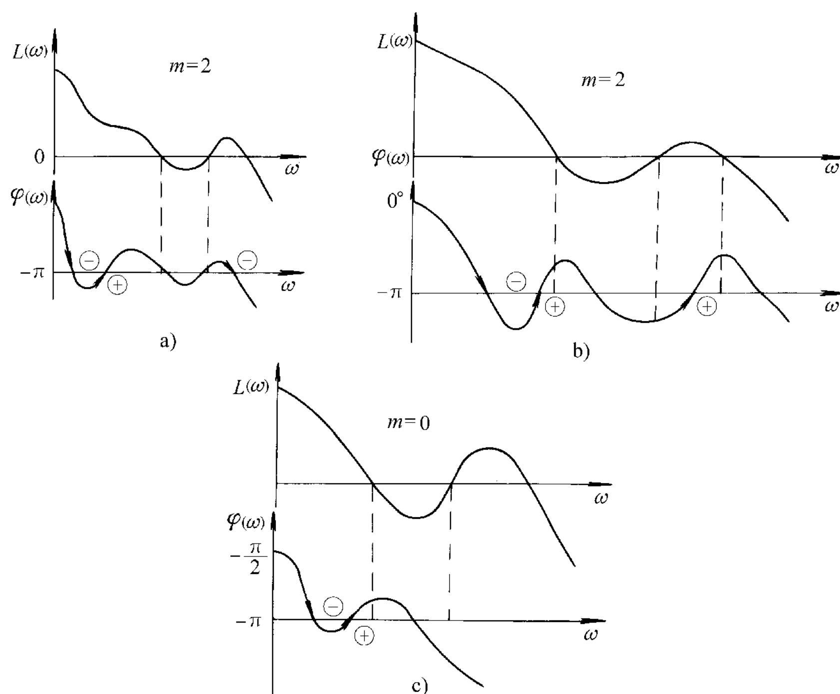


图 22.11-22　开环系统的几种博德图

$$G(s)=\frac{100\ (1.25s+1)^2}{s(5s+1)(0.02s+1)(0.005s+1)}$$

确定闭环系统的稳定性。

先求各转角频率为：$\omega_1=\frac{1}{5}=0.2$；$\omega_2=\frac{1}{1.25}=0.8$；$\omega_3=\frac{1}{0.02}=50$；$\omega_4=\frac{1}{0.005}=200$。它们都标在图 22.11-23 的 ω 轴上。

当 $\omega=1$ 时，低频渐近线的纵坐标值为 $20\lg K=20\lg100=4\mathrm{dB}$。这样，可以在图上得到 A 点。由于传递函数的分母中有一个积分环节，所以低频渐近线的斜率为 $-20\mathrm{dB/dec}$，这样，通过 A 点可以绘出低频渐近线。低频渐近线在 $\omega<\omega_1$ 部分以实线绘出。在 ω_1 以后，由于有两个惯性环节$\frac{1}{(5s+1)^2}$，所以近似幅频特性的斜率应当改变 $-40\mathrm{dB/dec}$，即在 ω_1、ω_2 间，开环系统的对数幅频特性的斜率变为 $-60\mathrm{dB/dec}$。在 ω_2 以后，由于有两个一阶微分环节 $(1.25s+1)^2$，所以幅频特性的斜率又改变了 $+40\mathrm{dB/dec}$，变成了

$-20\mathrm{dB/dec}$。一直到 ω_3，这时又有惯性环节 $\dfrac{1}{0.02s+1}$，故幅频特性斜率又变为 $-40\mathrm{dB/dec}$。在以 ω_4 后，由于惯性环节 $\dfrac{1}{0.005s+1}$，开环系统对数幅频特性的斜率又改变 $-20\mathrm{dB/dec}$，最后变为 $-60\mathrm{dB/dec}$。

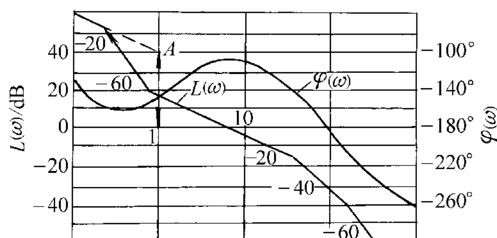


图 22.11-23　实例 $G(s)$ 的博德图

相频特性可根据各环节的相频特性叠加而得，这里就不加细叙了。

从图 22.11-23 可知，在 $L(\omega)\geqslant 0$ 的频率范围内，相频特性 $\varphi(\omega)$ 并不和 $-\pi$ 线相交。而系统在开环状态下的特征方程式中根本没有右根，所以系统在闭环状态下是稳定的。

2.5.3　稳定性裕量

在设计控制系统时，我们要求系统是稳定的。此外，系统还必须具备适当的相对稳定性，即还需了解稳定系统的稳定程度。

（1）相位裕量

在增益交界频率上，使系统达到不稳定边缘所需要的附加相位滞后量，叫做相位裕量。所谓增益交界频率，是指开环传递函数的幅值 $|G(\mathrm{j}\omega)|$ 等于 1 时的频率。相位裕量 γ 等于 180°加相角 φ，即

$$\gamma = 180° + \varphi \qquad (22.11\text{-}35)$$

式中，φ 是开环传递函数在增益交界频率上的相角。

（2）增益裕量

在相位等于 $-180°$ 的频率上，$|G(\mathrm{j}\omega)|$ 的倒数叫做增益裕量。开环传递函数的相角等于 $-180°$ 时的频率 ω_1，定义为相位交界频率。根据相位交界频率，可求得增益裕量 K_g 为

$$K_g = \frac{1}{|G(\mathrm{j}\omega)|} \qquad (22.11\text{-}36)$$

以分贝表示时

$$K_g = 20\lg K_g = -20\lg|G(\mathrm{j}\omega)|$$

由图 22.11-24 所示博德图可知，系统在博德图中有正的增益裕量和相位裕量时，系统是稳定的，否则系统不稳定。

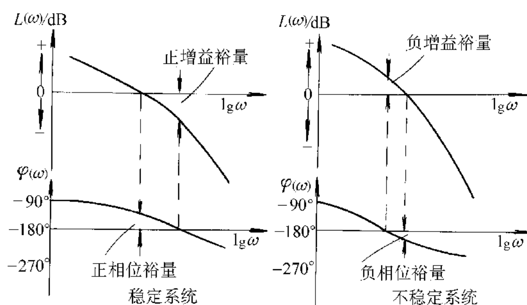


图 22.11-24　博德图

适当的相位裕量和增益裕量，可以防止系统中元件的变化对稳定性造成的影响，并且指出了一定的频率范围。为了得到满意的性能，相位裕量应当在 30°～60°之间，而增益裕量应当大于 6dB。对于具有这些裕量的最小相位系统，即使开环增益和元件的时间常数在一定的范围内发生变化，也能保证系统的稳定性。

例　设控制系统如图 22.11-25 所示，当 $K=10$ 和 $K=100$ 时，试求系统的相位和增益裕量。

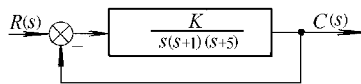


图 22.11-25　控制系统

由对数坐标图可以很容易地求出相位和增益裕量。当 $K=10$ 时，上述系统开环传递函数的对数坐标图，如图 22.11-26a 所示。这时系统的相位和增益裕量分别为

相位裕量 = 21°　增益裕量 = 8dB

因此，系统在达到不稳定之前，系统的增益可以增加 8dB。

当增益从 $K=10$ 增大到 $K=100$ 时，0dB 轴线向下移动 20dB，如图 22.11-26b 所示。这时系统的相位和增益裕量为

相位裕量 = −30°增益裕量 = −12dB

因此，系统在 $K=10$ 时是稳定的，但在 $K=100$ 时，则是不稳定的。

应当指出，为了获得满意的系统性能，我们必须将相位裕量增加到 30°～60°。这可以通过减小增益 K 达到。但是减小 K 值是我们不希望的，因为 K 值减小，会造成大的斜坡输入误差。因此，通过增加校正环节来改变开环频率特性曲线的形状，便成为必不可少的了。

图 22.11-26　系统在 $K=10$ 和 $K=100$ 时的博德图

3　电液伺服阀

电液伺服阀是液压伺服控制系统的心脏。它既是电液转换元件，又是功率放大元件，它能够把微小的电气信号转换成大功率的液压能(流量和压力)输出。它的性能优劣对系统的影响很大。因此，它是电液控制系统的核心和关键。为了能够正确设计和使用电液控制系统，必须要掌握不同类型和性能的电液伺服阀。

伺服阀输入信号是由电气元件来完成的。电气元件在传输、运算和参量的转换等方面既快速又简便，而且可以把各种物理量转换成为电量。所以在自动控制系统中广泛使用电气装置作为电信号的比较、放大、反馈检测等元件；电液伺服阀具有体积小，结构紧凑，功率放大倍率高，线性度好，死区小，灵敏度高，动态性能好，响应速度快等优点，可作为电液转换功率放大的元件。因此，在伺服控制系统中常以机械为“骨架”，以电气为“神经”，以液压控制为“肌肉”最大限度地发挥机、电、液的长处。

3.1　电液伺服阀的组成

伺服阀分为电液伺服阀、气液伺服阀、机液伺服阀三大类，它们的基本组成部分相同。绝大多数伺服阀为电液伺服阀。

电液伺服阀的类型和结构型式虽然很多，但都是由电气-机械转换装置、液压放大器和反馈装置三大部分组成，见电液伺服控制系统方框流程图 22.11-27。

3.1.1　电气-机械转换器

转换器包括电流-力转换和力-位移转换两个

图 22.11-27　方框流程图

功能。

典型的电气-机械转换器是力马达或力矩马达，它们能将输入电流转换成与电流成正比的输出力或力矩，用于驱动液压前置放大器；力或力矩再经弹性元件转换成位移或角位移，使前置放大器定位、回零。

通常，力马达的输入电流为 150～300mA，输出力为 3～5N；力矩马达的输入电流为 10～30mA，输出力矩为 0.02～0.06N・m。

3.1.2　液压放大器

伺服阀一般为两级液压放大，由转换器驱动液压前置放大器，再由前置放大器驱动液压功率放大器。

常用的液压前置放大器为滑阀、喷嘴-挡板阀和射流管阀三种，液压功率放大均采用滑阀。

3.1.3　反馈方式

液压前置放大器直接控制功率滑阀时，尤如一对称四通阀控制的对称缸，为解决功率滑阀的定位问

题，并获得所需的伺服阀压力-流量特性，在前置放大器和功率滑阀之间务必建立某种负反馈关系可以通过前置放大器与功率滑阀的级间联系构成直接反馈，或通过附加的反馈装置实现前置放大器与功率滑阀之间建立的负反馈。

3.2　电液伺服阀的分类

电液伺服阀的种类很多，根据它的结构和机能可作如下分类：

1）按液压放大级数，可分为单级伺服阀、两级伺服阀和三级伺服阀，其中两级伺服阀应用较广。

2）按液压前置级的结构型式，可分为单喷嘴挡板式、双喷嘴挡板式、滑阀式、射流管式和偏转板射流式。

3）按反馈型式可分为位置反馈、流量反馈和压力反馈。

4）按电-机械转换装置可分为动铁式和动圈式。

5）按输出量型式可分为流量伺服阀和压力控制伺服阀。

6）按输入信号型式可分为连续控制式和脉宽调制式。

3.3　伺服阀的工作原理

要求伺服阀在不同的应用场合具有不同的输出特性。位置和速度控制一般采用流量型伺服阀；力(矩)或压力控制可采用流量型伺服阀，也可采用压力型伺服阀；惯性较小、外负载力(矩)很大且要求速度刚度很大的场合，拟采用负载流量反馈式伺服阀；惯性很大、外负载很小的位置或速度控制拟采用其输出特性介于流量型伺服阀与压力型伺服阀之间的 p-q 阀。工程上绝大多数应用的是流量型伺服阀。

3.3.1　力反馈式电液伺服阀

力反馈式电液伺服阀的结构和原理如图 22.11-28 所示，无信号电流输入时，衔铁和挡板处于中间位置。这时喷嘴 4 两腔的压力 $p_a=p_b$，滑阀 7 二端压力相等，滑阀处于零位。输入电流后，电磁力矩使衔铁 2 连同挡板偏转 θ 角。设 θ 为顺时针偏转，则由于挡板的偏移使 $p_a>p_b$，滑阀向右移动。滑阀的移动，通过反馈弹簧片又带动挡板和衔铁反方向旋转(逆时针)，两端喷嘴压力差又减小。在衔铁的原始平衡位置(无信号时的位置)附近，力矩马达的电磁力矩、滑阀两端压差通过弹簧片作用于衔铁的力矩以及喷嘴压力作用于挡板的力矩三者取得平衡，衔铁就不再运动。同时作用于滑阀上的油压力与反馈弹簧变形力相互平衡，滑阀在离开零位一段距离的位置上定位。这种依靠力矩平衡来决定滑阀位置的方式称为力反馈式。如果忽略喷嘴作用于挡板上的力，则马达电磁力矩与滑阀两端不平衡压力所产生的力矩平衡，弹簧片也只是受到电磁力矩的作用。因此其变形，也就是滑阀离开零位的距离与电磁力矩成正比。同时由于力矩马达的电磁力矩与输入电流成正比，所以滑阀的位移与输入的电流成正比，也就是通过滑阀的流量与输入电流成正比，并且电流的极性决定液流的方向，这样便满足了对电液伺服阀的功能要求。

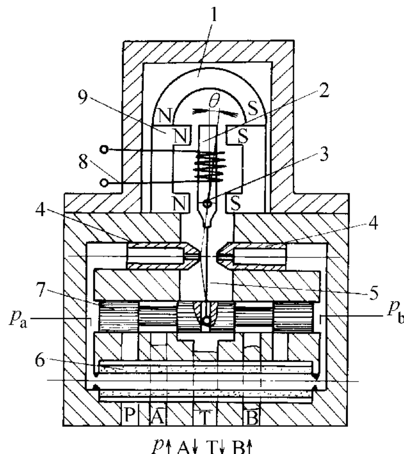


图 22.11-28　力反馈式电液伺服阀的结构和原理
1—永久磁铁　2—衔铁　3—扭轴　4—喷嘴　5—弹簧片　6—过滤器　7—滑阀　8—线圈　9—轭铁

由于采用了力反馈，力矩马达基本上在零位附近工作，只要求其输出电磁力矩与输入电流成正比(不像位置反馈中要求力矩马达衔铁位移和输入电流成正比)，因此线性度易于达到。另外滑阀的位移量在电磁力矩一定的情况下，决定于反馈弹簧的刚度，滑阀位移量便于调节，这给设计带来了很多方便。

采用了衔铁式力矩马达和喷嘴挡板使伺服阀结构极为紧凑，并且动特性好。但这种伺服阀工艺要求高，造价高，对于油过滤精度的要求也较高。所以这种伺服阀适用于要求结构紧凑，动特性好的场合。

力反馈式电液伺服阀的方框图如图 22.11-29 所示。

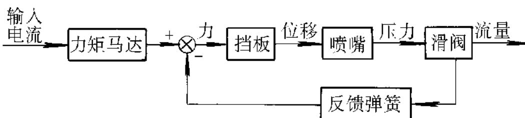


图 22.11-29　力反馈式电液伺服阀方框图

3.3.2　位置反馈式伺服阀

图 22.11-30 为二级滑阀式位置反馈伺服阀结构。

该类型电液伺服阀由电磁部分、控制滑阀和主滑阀组成。

电磁部分是一只力马达，原理如前所述。动圈靠弹簧定位。前置放大器采用滑阀式(一级滑阀)。

如图所示，在平衡位置(零位)时，压力油从 P 腔进入，分别通过 P 腔槽，阀套窗口，固定节流孔 12、11 到达上、下控制窗口，然后再通过主阀(二级阀芯)的回油口回油箱。

输入正向信号电流时，动圈向下移动，一级阀芯随之下移。这时，上控制窗口的过流面积减小，下控制窗口的过流面积增大。所以上控制腔压力升高而下控制腔的压力降低，使作用在主阀芯(二级阀芯)两端的液压力失去平衡。主阀芯在这一液压力作用下向下移动。主阀芯下移，使上控制窗口的过流面积逐渐增大，下控制窗口的过流面积逐渐缩小。当主阀芯移动到上、下控制窗口过流面积重新相等的位置时，作用于主阀芯两端的液压力重新平衡。主阀芯就停留在新的平衡位置上，形成一定的开口。这时，压力油由 P 腔通过主阀芯的工作边到 A 腔而供给负载。回油则通过 B 腔、主阀芯的工作边到 T 腔回油箱。

输入信号电流反向时，阀的动作过程与此相反。油流反向为 P→B，A→T。

上述工作过程中，动圈的位移量，一级阀芯(先导阀芯)的位移量与主阀芯的位移量均相等。因动圈的位移量与输入信号电流成正比，所以输出的流量和输入信号电流成正比。

二级滑阀型位置反馈式伺服阀的方框图如图 22.11-31 所示。

该型电液伺服阀结构简单，工作可靠，容易维护，可在现场进行调整，对油液清洁度要求不太高。

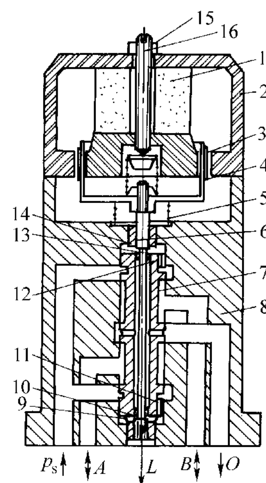


图 22.11-30　位置反馈伺服阀结构
1—磁钢　2—导磁体　3—气隙　4—动圈　5 一弹簧　6——级阀芯　7—二级阀芯　8—阀体　9—下控制腔　10—下节流口　11—下固定节流孔　12—上固定节流孔　13—上节流口　14—上控制腔　15—锁紧螺母　16—调零螺钉

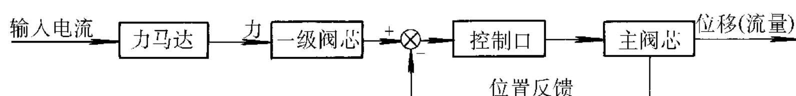


图 22.11-31　位置反馈式电液伺服阀方框图

3.3.3　*p-q* 型伺服阀

图 22.11-32 为 *p-q* 型伺服阀结构示意图。

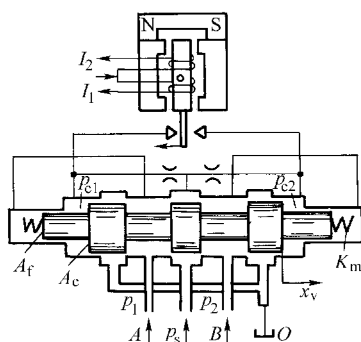


图 22.11-32　*p-q* 型伺服阀结构示意图

该阀是在弹簧平衡式伺服阀的基础上，增加静压反馈而构成的。

工作原理：引入静压反馈后，由于强烈的压力反馈使阀的开口减少，从而使输出流量也相对减少。于是，阀的流量-压力系数增大了 K_qA_f/K_m 倍，即 *p-q* 阀的流量-压力系数为 *q* 阀的 $1+K_qA_f/K_m$ 倍。此阀的特点是阻尼大而且恒定，但静态刚度较差，所以适用于惯性大而外负载力小的场合和带谐振负载的场合。

3.4　电液伺服阀的基本特性及性能参数

电液伺服阀的基本特性及性能参数在设计液压伺服控制系统及选取电液伺服阀的过程中都将起到非常重要的作用，其内容见表 22.11-7。

表 22.11-7　特性及性能

分类	名称	特性曲线或含义
静态特性	空载流量特性	额定压力下，负载压力为零，输入电流在正、负额定电流间连续变化，一个完整的循环后，所得的输出流量与输入电流的关系曲线称为空载流量曲线，简称流量曲线 流量曲线的中心轨迹称为公称流量曲线 流量型伺服阀的流量曲线可分成零区、控制区和饱和区。零区特性反映了功率滑阀的开口情况，如下图所示，由零区特性可评价伺服阀的制造重量 在任一规定工作区域内，流量曲线的斜率为流量增益[$m^3 \cdot (s \cdot A)^{-1}$]。由公称流量曲线的零流量点向两极各作一条与公称流量曲线偏差为最小的直线，这两条公称流量增益线的平均斜率便是公称流量增益。如图所示 随着电流的增大，流量曲线将呈饱和状态。不再随电流而变化的流量称为饱和流量
	压力-流量特性	压力-流量曲线(图 a)某点上的斜率为伺服阀的流量-压力系数 压力-流量特性曲线可供系统设计者考虑负载匹配和用于确定伺服阀的规格。有些伺服阀样本会给出量纲为 1 的压力-流量特性曲线；但现在更多的伺服阀样本给出的是用对数坐标表示的 $I=I_n$ 下的压力-流量特性(图 b)，对数坐标表示的优点是 Q_L 与 Δp_n 成线性，且给出了该系列伺服阀的压力-流量特性 a)　　b)
	压力增益特性	额定压力下，负载流量为零(工作油口关闭)时，输入电流在正、负额定电流间连续变化一个完整的循环，所得的负载压力与输入电流的关系曲线称为压力增益曲线 规定用 ±40% 额定压力区域内的负载压力对输入电流关系曲线的平均斜率，或用该区域内 1% 额定电流时的最大负载压力来确定压力增益值 压力增益大小与阀的开口类型有关，因此用压力增益曲线可反映阀的零位开口的配合情况

（续）

分类	名称	特性曲线或含义
静态特性	内泄漏特性	额定压力下，负载流量为零时，从进油口到回油口的内部泄漏流量随输入电流的变化曲线称为内泄漏特性 $q_{V1}=f(I)$。其中 q_{Vc1} 为前置级的泄漏流量；q_{Vc2} 为功率滑阀的零位泄漏流量 q_{Vc2} 的大小反映了功率滑阀的配合情况及磨损程度。对于新阀，用泄漏曲线评价阀的制造质量；对于旧阀，可用于判断磨损程度。q_{Vc2} 与 p_s 的比值可用于确定功率滑阀的流量-压力系数 K_c
静态性能参数	滞环	在正负额定电流之间，以动态不起作用的速度循环时，产生相同的输出流量的两电流之最大差值与额定电流的百分比称为滞环。一般滞环≤3%，电反馈伺服阀的滞环≤0.5% 伺服阀的滞环是由于力(矩)马达的磁滞和阀的游隙造成的。阀的游隙是由于摩擦力及机械固定部分的间隙造成的。磁滞回环值随电流的大小而变化，电流小时磁滞回环值减小，因此磁滞一般不会引起系统的稳定性问题；游隙引起的回环值为定值，油液脏时游隙显著增加，可能引起系统的不稳定
	对称度	两极性公称流量增益之差的最大值与两极性公称增益较大者的百分比称为对称度。一般要求对称度高于10%。如果正极性的流量增益 K_{q1} 大于负极性的增益 K_{q2}，则 $$对称度=\frac{K_{q1}-K_{q2}}{K_{q1}}<10\%$$
	线性度	公称流量曲线与公称流量增益线的最大偏离值与额定电流的百分比称为线性度。一般要求线性度高于7.5% 线性度 $=\Delta i_1/I_n<7.5\%$
	分辨率	分辨率有零位正向、零位反向和零外正向、零外反向之分 零位分辨率是在工作油口关闭下作出的，在额定供油压力下，输入一微小电流使 A、B 口的压力相等；若继续以相同方向缓慢增加微小电流，使两平衡的工作压力发生变化所需的电流增量 Δi_1 与额定电流的百分比称为零位正向分辨率；若以反向缓慢输入电流，使压力发生变化所需的电流增量 Δi_2 与额定电流的百分比称为零位反向分辨率 零外分辨率是在工作油口开启下作出的，在 $I=10\%I_n$ 的规定信号值下，使阀的输出流量继续变化所需的电流增量 Δi_3 与 I_n 的百分比称为零外正向分辨率；而使阀的输出流量反向所需的电流增量 Δi_4 与 I_n 的百分比则称为零外反向分辨率 一般，伺服阀分辨率 $=\Delta i_m/I_n<1\%$，电反馈伺服阀分辨率小于0.4%甚至0.1%。Δi_m 为 Δi_1、Δi_2、Δi_3、Δi_4 中的最大者 影响分辨率的主要因素是阀的静摩擦力和游隙。油脏时滑阀中摩擦力增大，分辨率将降低 零位正、反向分辨率　　零外正、反向分辨率
	零漂	一般规定供油压力变化 $\pm20\%p_s$ 时，进油压力零漂应小于3%；回油压力从0～0.7MPa变化时，回油压力零漂应小于2%。温度零漂亦应小于2% 注意系统调整或检查时，可加偏置电流以补偿零偏，而随工作条件变化的零漂是无法补偿的 进油压力零漂　　回油压力零漂　　温度零漂 a)　　b)　　c)

（续）

<table>
<tr><th>分类</th><th>名称</th><th>特性曲线或含义</th></tr>
<tr><td>静态性能参数</td><td>零偏</td><td>在规定试验条件下尽管调好伺服阀的零点，但经过一段时间后，由于阀的结构尺寸、组件应力、电性能其他特性等可能使它发生微小变化，即输入电流为零时输出流量不为零，零点发生了变化。为使输出流量为零，必须预置某一输入电流，即零偏电流
把阀调回零位时的输入电流值，减去零位反向分辨率电流值的差值与额定电流的百分比称为零偏
为了消除滞环及零位反向分辨率的影响，零偏的测试过程如图所示。一般要求：
$$零偏 = i_0/I_n = (i_1 + i_2)/2I_n < 3\%$$
伺服阀是按试验标准在规定试验条件下调试的，当工作条件（供油压力、回油压力、工作油温、零值电流等）发生变化时，阀的零位发生偏移
压力、温度等工作条件变化引起的零偏电流变化量与额定电流的百分比称为零漂
零漂又分为压力零漂和温度零漂；压力零漂又分为进油压力零漂和回油压力零漂。通常，供油压力降低时零偏电流 i_0 增大，回油压力增大时零偏电流增大</td></tr>
<tr><td rowspan="2">动态特性</td><td>频率特性</td><td>额定压力下，负载压力为零时，输入正弦恒幅值电流在一定的频率范围内变化，输出流量对输入电流的复数比。频率特性包括幅频特性和相频特性
幅频特性用幅值比表示，通常用输出流量幅值 A_i 与同一输入电流幅值下，指定基准低频时的输出流量幅值 A_0 之比随输入电流频率的变化曲线来表示
相频特性是输出流量与输入电流的相位差随输入电流频率的变化曲线，以度表示
用伺服阀频宽衡量伺服阀的频率响应，以幅值比衰减到 -3dB 时的频率为幅频宽，用 ω_{-3} 或 f_{-3} 表示；以相位滞后 90°的频率为相频宽，用 $\omega_{-90°}$ 或 $f_{-90°}$ 表示
阀的频率特性与输入电流幅值、供油压力及粘度等条件有关，因此伺服阀的频率特性中一般会注明不同电流幅值（如 ±5% 或 ±10%，±25%、±40% 或 ±50%，±90% 或 ±100%）下的幅频或相频特性
基准低频应视具体伺服阀而定，一般应低于 $5\%f_{-3}$
流量的测量是通过速度传感器检测精密测试液压缸的速度而得到的。测试缸的内泄漏和摩擦力应很小，缸的谐振频率应比阀的频宽高得多</td></tr>
<tr><td>阶跃响应</td><td>一般用阶跃响应来说明阀的瞬态响应，阶跃响应是额定压力下，负载压力为零时，输出流量对阶跃输入电流的跟踪过程，t_r 为上升（飞升）时间，t_p 为峰值时间，t_s 为过渡过程时间
根据阶跃响应曲线确定超调量、过渡过程时间和振荡次数等时域品质指标
通常规定阶跃输入电流的幅值为 $5\% I_n$ 和 $10\% I_n$、$25\% I_n$、$40\% I_n$ 和 $50\% I_n$、$90\% I_n$ 或 $100\% I_n$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">动态性能参数</td><td>响应时间</td><td>以上升（飞升）时间 t_r、峰值时间 t_p 或过渡过程（调节）时间 t_s 作为动态响应参数，以超调量 σ_p 来反映稳定性</td></tr>
<tr><td>频宽</td><td>以频宽作为阀的动态响应参数。从阀的频率特性可以直接查出幅频宽 ω_{-3} 和相频宽 $\omega_{-90°}$，二者的值不相等，应取其较小者作为频宽值
通常，力矩马达喷嘴挡板式两级伺服阀的频宽 100 ~ 130Hz 之间，动圈两级滑阀式伺服阀的频宽在 50 ~ 100Hz 之间。电反馈高频伺服阀频宽可达 250Hz 甚至更高</td></tr>
</table>

4　液压伺服系统设计

在液压伺服系统中采用液压伺服阀作为输入信号的转换与放大元件。液压伺服系统能以小功率的电信号输入，控制大功率的液压能(流量与压力)输出，并能获得很高的控制精度和很快的响应速度。位置控制、速度控制、力控制三类液压伺服系统一般的设计步骤如下：

1）了解被控制对象：了解主机所属部分功能、原理、掌握相关工艺参数及对控制系统的要求，了解负载的性质、类型和变化规律。

2）明确设计要求：充分了解设计任务提出的工艺、结构及对系统各项性能的要求，并应详细分析负载条件。

3）拟定控制方案，画出系统原理图。

4）静态计算：确定动力元件参数，选择反馈元件及其他电气元件。

5）动态计算：确定系统的传递函数，绘制开环博德图，分析稳定性，计算动态性能指标。

6）校核精度和性能指标，选择校正方式和设计校正元件。

7）选择液压源及相应的附属元件。

8）完成执行元件及液压源施工设计。

本章的内容主要是依照上述设计步骤，进一步说明液压伺服系统的设计原则和介绍具体设计计算方法。由于位置控制系统是最基本和应用最广泛的系统，所以介绍将以阀控液压缸位置控制系统为主。

4.1　全面理解设计要求

4.1.1　全面了解被控对象

液压伺服控制系统是被控对象——主机的一个组成部分，它必须满足主机在工艺上和结构上对其提出的要求。例如轧钢机液压压下位置控制系统，除了应能够承受最大轧制负载，满足轧钢机轧辊辊缝调节最大行程，调节速度和控制精度等要求外，执行机构——压下液压缸在外形尺寸上还受轧钢机牌坊窗口尺寸的约束，结构上还必须保证满足更换轧辊方便等要求。要设计一个好的控制系统，必须充分重视这些问题的解决。所以设计师应全面了解被控对象的工况，并综合运用电气、机械、液压、工艺等方面的理论知识，使设计的控制系统满足被控对象的各项要求。

了解负载的性质、类型、大小及变化规律。负载性质是指阻力负载还是动力负载，负载类型是指惯性负载、弹性负载、粘性负载、摩擦负载、外载荷及其组合情况，才能为负载特性分析阶段做好准备。

4.1.2　明确设计要求

1）被控制量的类型：位置控制、速度控制、加速度控制、力或压力控制、温度控制、功率控制。

2）控制规律：恒值、恒速、等加速、阶梯状或任意变化规律的控制。

3）主机所需的最大作用力、最大位移、最大速度、最大加(减)速度、最大功率、传动比和效率等。

4）系统稳定性
- 频域指标：相角稳定裕量 $\gamma(\omega_c)$，幅值稳定裕量 $L(\omega_L)$，峰值 M_p
- 时域指标：超调量 $\sigma(\%)$，振荡次数 N

5）控制精度指标
- 指定输入引起的稳态误差：稳态位置误差、稳态速度误差、稳态加速度误差
- 负载扰动引起的稳态误差：稳态负载误差元件死区、滞环、零漂、间隙等引起的稳态误差(静差)，检测机构、传感器及其二次仪表误差

6）动态响应特性：相对稳定性可用相位裕量和增益裕量、谐振峰值和超调量等来规定，响应的快速性可用截止频率或阶跃响应的上升时间和调整时间来规定。

7）工作环境条件：环境温度、湿度、通风、冷却水质、压力、温度、振动、电磁场干扰，酸碱腐蚀性、易燃性等。

8）限制性条件：装置的尺寸、体积、重量、成本、能耗、油温、噪声等级、电源等级、接地方式。

9）其他方面要求；抗污染性能或油液清洁度等级，无故障工作率，工作寿命，安全保护，工作的可靠性操作和维护的方便性等。

4.1.3　负载特性分析

正确确定系统的外负载是设计控制系统的一个基本问题。它直接影响系统的组成和动力元件参数的选择，所以分析负载特性应尽量反映客观实际。液压伺服系统的负载类型有惯性负载、弹性负载、粘性负载、各种摩擦负载(如静摩擦、动摩擦等)以及重力和其他不随时间、位置等参数变化的恒值负载等。

4.2　拟定控制方案、绘制系统原理图

在全面了解设计要求之后，可根据不同的控制对象，确定被控制物理量。首先取决于系统用途或工艺要求。有的系统可能存在可切换的两个被控制量，如轧机液压压下系统，大压下量轧制状态时采用位置闭

环恒辊缝型式，平整状态时采用力闭环恒轧制力。其次确定是开环控制还是闭环控制，闭环控制具有抗干扰能力，对系统参数变化不太敏感，控制精度高、响应速度快，但要考虑稳定性问题，且设备成本高。开环控制不存在稳定性问题，但不具有抗干扰能力，控制精度和响应速度取决于各环节或元件的性能，控制精度低，设备成本较低。对于闭环稳定性很难解决、响应速度要求较快、控制精度要求不太高、外扰较小、功率较大、要求成本较低的场合，可以选择开环或局部闭环控制方式。伺服阀控系统控制精度、响应速度高，但效率低。阀控缸方式中常用的有四通阀—对称缸控制方式和三通阀—不对称缸控制方式。轧机液压压下是三通阀—不对称缸控制方式的典型。伺服泵控系统效率高，但控制精度、响应速度较低，成本也较高。泵控方式中常用的有泵控马达和泵控不对称缸两种，挤压机速度控制是泵控不对称缸的典型。

绝大多数阀控系统采用恒压油源：供油压力恒定，控制阀的压力-流量特性的线性度好，系统精度和响应速度高，但系统效率低。恒流油源阀控系统：供油流量一定，与正开口阀配套使用，正开口阀较容易制造，且油源系统效率高，但控制阀 p-q_v 特性的线性度差，因而系统的控制性能较差，用于高温场合（要求始终有油源流过阀口）或精度、响应要求不高的系统。按上述控制方式选定控制方案并拟定控制系统的方块图。如对直线位置控制系统一般采用阀控液压缸的方案，方块图如图22.11-33所示。

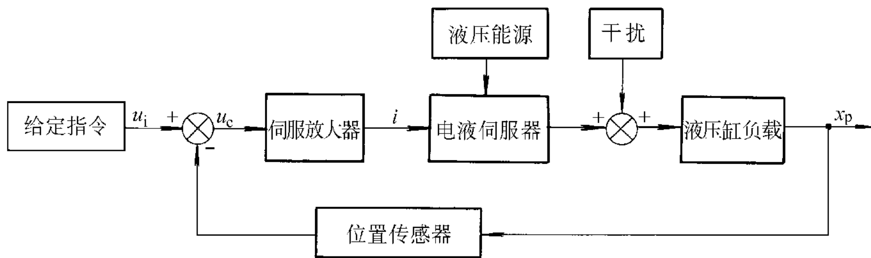


图22.11-33　阀控液压缸位置控制系统方块图

4.3　动力元件参数选择

动力元件是伺服系统的关键元件。它的一个主要作用是在整个工作循环中使负载按要求的速度运动。其次，它的主要性能参数能满足整个系统所要求的动态特性。此外，动力元件参数的选择还必须考虑与负载参数的最佳匹配，以保证系统的功耗最小，效率高。

动力元件的主要参数包括系统的供油压力、液压缸的有效面积（或液压马达排量）、伺服阀的流量。当选定液压马达作执行元件时，还应包括齿轮的传动比。

4.3.1　供油压力的选择

选用较高的供油压力，在相同输出功率条件下，可减小执行元件——液压缸的活塞面积（或液压马达的排量），从而使泵和动力元件尺寸小、重量轻，设备结构紧凑，同时油腔的容积减小，容积弹性模数增大，有利于提高系统的响应速度。但是，随供油压力增加，由于受材料强度的限制，液压元件的尺寸和重量也有增加的趋势，元件的加工精度也需提高，系统的造价也随之提高。同时，高压时，泄漏大，发热高，系统功率损失增加，噪声加大，元件寿命降低，维护也较困难。所以条件允许时，通常还是选用较低的供油压力。

常用的供油压力等级为7～28MPa，可根据系统的要求和结构限制条件选择适当的供油压力。

4.3.2　伺服阀流量与执行元件尺寸的确定

如上所述，动力元件参数选择除应满足拖动负载和系统性能两方面的要求外，还应考虑与负载的最佳匹配。下面着重介绍与负载最佳匹配问题。

（1）动力元件的输出特性

将伺服阀的流量-压力曲线经坐标变换 $\left(F_L = p_L A;\ v = \dfrac{q_L}{A}\right)$，绘于 v-F_L 平面上，所得的抛物线即为动力元件稳态时的输出特性，见图23-11-34。

图中　F_L——负载力，$F_L = p_L A$；

p_L——伺服阀工作压力；

A——液压缸有效面积；

v——液压缸活塞速度，$v = \dfrac{q_L}{A}$；

q_L——伺服阀的流量；

q_0——伺服阀的空载流量；

p_s——供油压力。

由图可见，当伺服阀规格和液压缸面积不变，提高供油压力，曲线向外扩展，最大功率提高，最大功率点右移，如图22.11-34a所示。

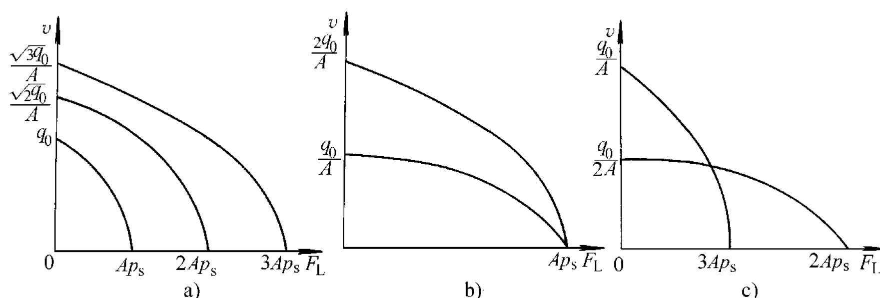


图 22. 11-34　参数变化对动力机构输出特性的影响
a）供油压力变化　b）伺服阀容量变化　c）液压缸面积变化

当供油压力和液压缸面积不变，加大伺服阀规格，曲线变高，曲线的顶点 Ap_s 不变，最大功率提高，最大功率点不变，如图 22. 11-34b 所示。

当供油压力和伺服阀规格不变，加大液压缸面积 A，曲线变低，顶点右移，最大功率不变，最大功率点右移，如图 22. 11-34c 所示。

（2）负载最佳匹配图解法

在负载轨迹曲线 v-F_L 平面上，画出动力元件输出特性曲线，调整参数，使动力元件输出特性曲线从外侧完全包围负载轨迹曲线，即可保证动力元件能够拖动负载。在图 22. 11-35 中，曲线 1、2、3 代表三条动力元件的输出特性曲线。曲线 2 与负载轨迹最大功率点 c 相切，符合负载最佳匹配条件，而曲线 1、3 上的工作点 a 和 b，虽能拖动负载，但效率都较低。

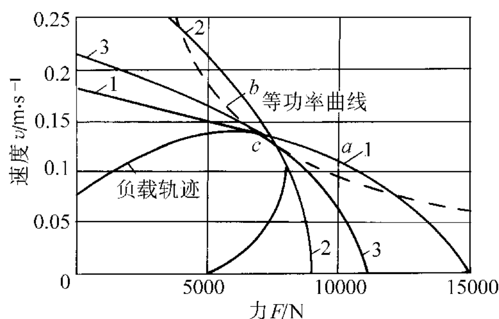


图 22. 11-35　动力元件与负载匹配图形

（3）负载最佳匹配的解析法

参见液压动力元件的负载匹配。

（4）近似计算法

在工程设计中，设计动力元件时常采用近似计算法，即按最大负载力 F_{Lmax} 选择动力元件。在动力元件输出特性曲线上，限定 $F_{Lmax} \leqslant p_L A = \frac{2}{3}p_s A$，并认为负载力、最大速度和最大加速度是同时出现的，这样液压缸的有效面积可按下式计算：

$$A = \frac{F_{Lmax}}{p_L} = \frac{m\ddot{x} + B\dot{x} + kx + F_L}{\frac{2}{3}p_s} \tag{22. 11-37}$$

按式(22. 11-37)求得 A 值后，可计算负载流量 q_L，即可根据阀的压降从伺服阀样本上选择合适的伺服阀。近似计算法应用简便，然而是偏于保守的计算方法。采用这种方法可以保证系统的性能，但传递效率稍低。

（5）按液压固有频率选择动力元件

对功率和负载很小的液压伺服系统来说，功率损耗不是主要问题，可以根据系统要求的液压固有频率来确定动力元件。

四边滑阀控制的液压缸，其活塞的有效面积为

$$A = \sqrt{\frac{V_0 m}{2\beta_e}}\omega_h \tag{22. 11-38}$$

二边滑阀控制的液压缸，其活塞的有效面积为

$$A = \sqrt{\frac{V_0 m}{\beta_e}}\omega_h \tag{22. 11-39}$$

液压固有频率 ω_h 可以按系统要求频宽的 5 ~ 10 倍来确定。对一些干扰力大、负载轨迹形状比较复杂的系统，不能按上述的几种方法计算动力元件，只能通过作图法来确定动力元件。

计算阀控液压马达组合的动力元件时，只要将上述计算方法中液压缸的有效面积 A 换成液压马达的排量 D，负载力 F_L 换成负载力矩 T_L，负载速度换成液压马达的角速度 $\dot{\theta}$，就可以得到相应的计算公式。当系统采用了减速机构时，应注意把负载惯量、负载力、负载的位移、速度、加速度等参数都转换到液压马达的轴上才能作为计算的参数。减速机构传动比选择的原则是：在满足液压固有频率的要求下，传动比最小，这就是最佳传动比。

4. 3. 3　伺服阀的选择

根据所确定的供油压力 p_s 和由负载流量 q_L(即要求伺服阀输出的流量)计算得到的伺服阀空载流量

q_0，即可由伺服阀样本确定伺服阀的规格。因为伺服阀输出流量是限制系统频宽的一个重要因素，所以伺服阀流量应留有余量。通常可取15%左右的负载流量作为伺服阀的流量储备。

除了流量参数外，在选择伺服阀时，还应考虑以下因素：

1）伺服阀的流量增益线性好。在位置控制系统中，一般选用零开口的流量阀，因为这类阀具有较高的压力增益，可使动力元件有较大的刚度，并可提高系统的快速性与控制精度。

2）伺服阀的频宽应满足系统频宽的要求。一般伺服阀的频宽应大于系统频宽的5倍，以减小伺服阀对系统响应特性的影响。

3）伺服阀的零点漂移、温度漂移和不灵敏区应尽量小，保证由此引起的系统误差不超出设计要求。

4）其他要求，如对零位泄漏、抗污染能力、电功率、寿命和价格等，都有一定要求。

4.3.4　执行元件的选择

液压伺服系统的执行元件是整个控制系统的关键部件，直接影响系统性能的好坏。执行元件的选择与设计，除了按本节所述的方法确定液压缸有效面积A（或液压马达排量D）的最佳值外，还涉及密封、强度、摩擦阻力、安装结构等问题。

4.4　反馈传感器的选择

根据所检测的物理量，反馈传感器可分为位移传感器、速度传感器、加速度传感器和力（或压力）传感器。它们分别用于不同类型的液压伺服系统，作为系统的反馈元件。闭环控制系统的控制精度主要决定于系统的给定元件和反馈元件的精度，因此合理选择反馈传感器十分重要。

传感器的频宽一般应选择为控制系统频宽的5～10倍，这是为了给系统提供被测量的瞬时真值，减少相位滞后。传感器的频宽对一般系统都能满足要求，因此传感器的传递函数可近似按比例环节来考虑。传感器类型见表22.11-8。

表22.11-8　传感器的类型

位移传感器	差动变压器（LVDT）、磁尺、磁致伸缩位移传感器（MTS）、高精度导电塑料电位计等
速度传感器	测速机、光码盘、编码器、圆形光栅等
压力传感器	应变式压力传感器、半导体压力传感器、差压传感器等
力传感器	压磁式力传感器、应变式力传感器

4.5　确定系统方块图

根据系统原理图及系统各环节的传递函数，即可构成系统的方块图。根据系统的方块图可直接写出系统开环传递函数。阀控液压缸和阀控液压马达控制系统二者的传递函数具有相同的结构型式，只要把相应的符号变换一下即可。

4.6　绘制系统开环博德图并确定开环增益

系统的动态计算与分析在这里是采用频率法。首先根据系统的传递函数，求出博德图。在绘制博德图时，需要确定系统的开环增益K。

改变系统的开环增益K时，开环博德图上幅频曲线只升高或降低一个常数，曲线的形状不变，其相频曲线也不变。博德图上幅频曲线的低频段、穿越频率以及幅值增益裕量分别反映了闭环系统的稳态精度、穿越频率及系统的稳定性。所以可根据闭环系统所要求的稳态精度、频宽以及相对稳定性，在开环博德图上调整幅频曲线位置的高低，来获得与闭环系统要求相适应的K值。

4.6.1　由系统的稳态精度要求确定K

由控制原理可知，不同类型控制系统的稳态精度决定于系统的开环增益。因此，可以由系统对稳态精度的要求和系统的类型计算得到系统应具有的开环增益K。

4.6.2　由系统的频宽要求确定K

分析二阶或三阶系统特性与博德图的关系知道，当ζ_h和K/ω_h都很小时，可近似认为系统的频宽等于开环对数幅值曲线的穿越频率，即$\omega_{-3dB}\approx\omega_c$，所以可绘制对数幅频曲线，使$\omega_c$在数值上等于系统要求的$\omega_{-3dB}$值，如图22.11-36所示。由此图可得$K$值。

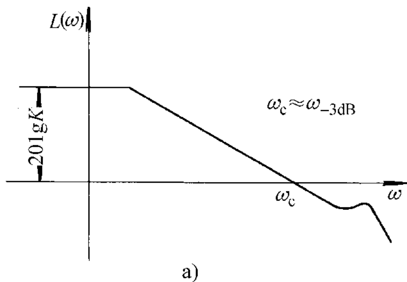


图22.11-36　由ω_{-3dB}绘制开环对数幅频特性

a）0型系统

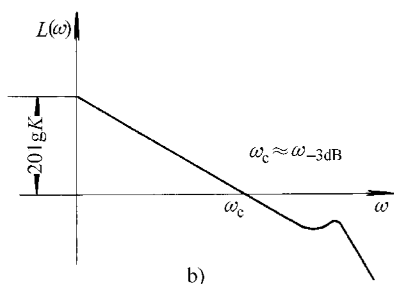


图 22. 11-36　由 ω_{-3dB}绘制开环对数幅频特性(续)
b）Ⅰ型系统

4. 6. 3　由系统相对稳定性确定 K

系统相对稳定性可用幅值裕量和相位裕量来表示。根据系统要求的幅值裕量和相位裕量来绘制开环博德图，同样也可以得到 K，见图 22. 11-37。

实际上通过了作图来确定系统的开环增益 K，往往要综合考虑，尽可能同时满足系统的几项主要性能指标。

4. 7　系统静动态品质分析及确定校正特性

在确定了系统传递函数的各项参数后，可通过闭环博德图或时域响应过渡过程曲线或参数计算对系统的各项静动态指标和误差进行校核。如设计的系统性能不满足要求，则应调整参数，重复上述计算或采用校正环节对系统进行补偿，改变系统的开环频率特性，直到满足系统的要求。

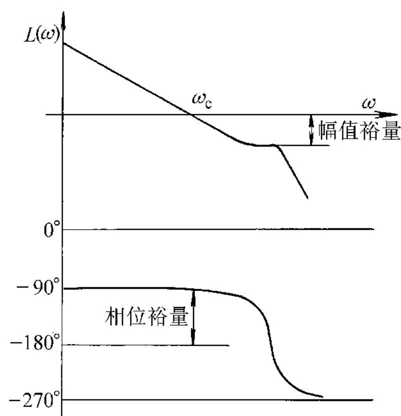


图 22. 11-37　由幅值裕量和相位裕量绘制开环博德图

4. 8　仿真分析

在系统的传递函数初步确定后，可以通过计算机对该系统进行数字仿真，以求得最佳设计。目前有关于数字仿真的商用软件，如 MATLAB、DSH、AIMSIM 及 ADAMS 等软件，均适合液压伺服系统的仿真分析。

5　电液伺服系统应用实例

5. 1　压力伺服系统应用实例

压力伺服系统在冷轧带钢卷取恒张力控制装置上的应用例如图 22. 11-38 所示。

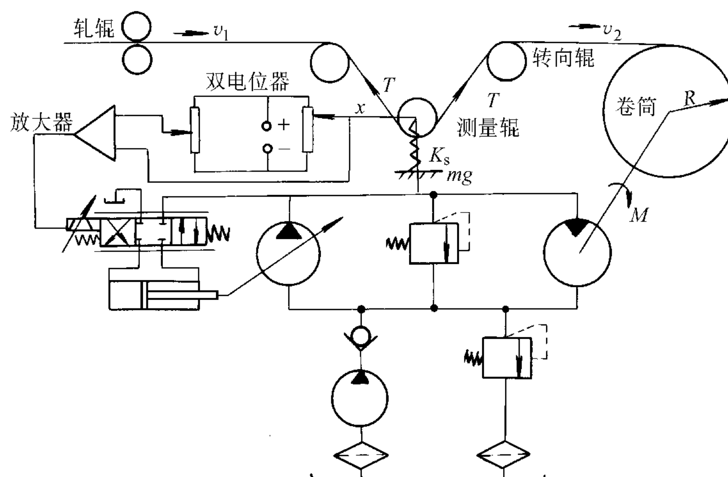


图 22. 11-38　冷轧钢带卷取机电液伺服系统原理图

采用电液伺服系统的恒张力控制，可不受传递功率的限制。为了控制张力 T，系统工作时，先给定一个张力值(给定值)，由指令电位器输入。测量辊检测实际张力，并将反馈信号反馈到电位器，与输入信号比较。其差值——偏差信号经放大器放大后，以电流信号输入伺服变量泵中的伺服阀，使变量泵斜盘变化一个相应的角度，变量泵输出流量发生变化，引起液压马达转速的相应改变，并稳定在某一个转速值。在轧制过程中，随着钢带卷筒半径 R 增大，带钢的实际线速度增大，因而实际张力增大，于是出现的偏

差值为负值。这时输入一个负值电流给伺服阀，使斜盘倾角减小一相应值，泵的流量相应减小，液压马达的转速下降，保持卷筒线速度不变。

系统的传递函数方块图给定电位器的传递函数

$$\frac{U_a}{\alpha}=K_i \tag{22.11-40}$$

式中　α——指令电位器的有效角度；

K_i——指令电位器的放大系数；

U_a——指令电位器的电压。

反馈电位器的传递函数

$$\frac{U_f}{x}=K_f$$

式中　x——反馈电位器的有效长度；

K_f——反馈电位器的放大系数；

U_f——反馈电位器的电压。

测量机构的传递函数、测量机构受力的平衡方程为

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+K_sx+2T\cos\phi-mg=0$$

式中　m——测量辊的质量。

对上式进行拉氏变换后，可得测量机构的传递函数为

$$\frac{T}{X}=\left(\frac{K_s}{2\cos\phi}\right)\left(\frac{s^2}{\omega_L^2}+1\right) \tag{22.11-41}$$

式中　X——测量辊的位移；

K_s——平衡弹簧刚度；

T——钢带张力；

ϕ——钢带与垂直线的夹角；

ω_L——测量系统的固有频率，$\omega_L=\sqrt{\frac{K_s}{m}}$。

伺服变量泵-液压马达组合传递函数

$$\frac{\dot{\theta}_m}{\Delta I}=\frac{\frac{K_vK_p\omega_p}{D_m}}{s\left(\frac{s^2}{\omega_h^2}+\frac{2\zeta_h}{\omega_h}s+1\right)} \tag{22.11-42}$$

式中　$\dot{\theta}_m$——液压马达的输出角速度；

ΔI——伺服阀的输出电流；

K_v——伺服阀的放大系数；

K_p——液压泵的排量梯度；

ω_p——液压泵的角速度；

D_m——液压马达的排量；

ω_h——泵控液压马达组合的固有频率；

ζ_h——泵控液压马达组合的阻尼比。

液压马达角速度$\dot{\theta}_m$与卷筒圆周速度v_2之间的关系

$$\dot{\theta}_mR=v_2 \tag{22.11-43}$$

式中　R——卷筒的半径。

张力与钢带速度之间的关系

$$T=K_m\Delta v$$

式中　K_m——张力系数；

Δv——钢带的速度差；

$$\Delta v=v_2-v_1 \tag{22.11-44}$$

v_1——轧辊轧出钢带的速度。

根据式(22.11-35、22.11-36、22.11-38～22.11-41)可画出系统方块图，如图22.11-39所示。

由方块图可求得系统的开环传递函数为

$$W(s)=\frac{K\left(\frac{s^2}{\omega_L^2}+1\right)}{s\left(\frac{s^2}{\omega_h^2}+\frac{2\zeta}{\omega_h}s+1\right)} \tag{22.11-45}$$

式中

$$K=\frac{K_vK_p\omega_pRK_mK_fK_s}{2D_m\cos\phi}$$

由上式可以看出，系统由积分环节、振荡环节和二阶微分环节组成，其频率特性如图22.11-40所示。

图中$\omega_L>\omega_h$，二阶微分环节紧接着振荡环节出现，在液压固有频率ω_h处有对消作用，降低了谐振峰。若$\omega_L=\omega_h$时，谐振峰值完全被抑制，传递函数近似为$W(s)=\frac{K}{s}$。如果$\omega_L>\omega_h$，则传递函数可近似等于集中质量负载系统，结果传递函数为

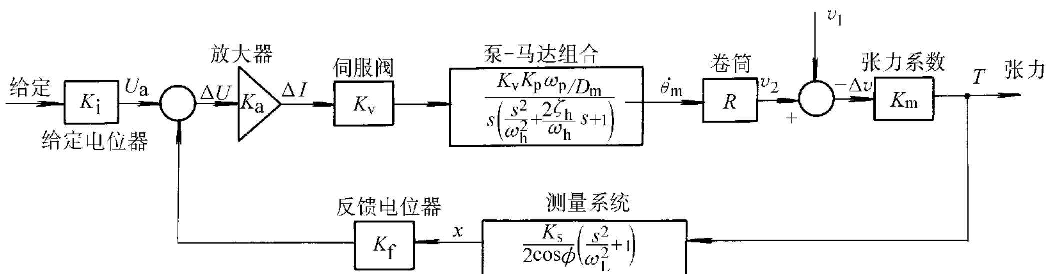


图22.11-39　系统方块图

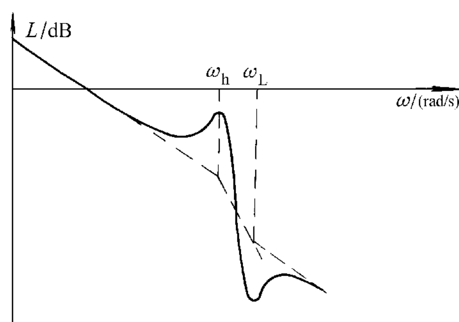


图 22. 11-40　系统的频率特性

$$W(s) = \frac{K}{s\left(\frac{s^2}{\omega_h^2} + \frac{2\zeta}{\omega_h}s + 1\right)} \quad (22.11\text{-}46)$$

由以上分析可知，当液压固有频率略小于测量辊系统的固有频率时，即 $\omega_h < \omega_L$ 或者两者相当接近时，则测量系统的柔度影响不能忽略。

5.2　流量伺服系统应用实例

流量伺服系统是速度伺服系统，水平连铸钢拉坯装置的电液速度伺服系统就是其应用实例之一。

水平连铸拉坯电液速度伺服系统，由电气控制部分和液压伺服驱动装置组成，其系统示意图如图 22. 11-41 所示。

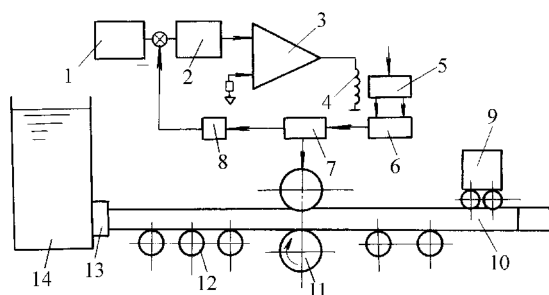


图 22. 11-41　水平连铸电液伺服系统示意图

1—速度指令设定器　2—校正装置　3—功率放大器　4—线圈　5—伺服阀　6—液压马达　7—齿轮箱　8—速度传感器　9—切割小车　10—钢坯　11—拉辊　12—辅助轮　13—结晶器　14—钢液包

电气控制部分的主要装置是 VC-1 型电液速度控制仪。其中有按拉坯工艺要求发出拉坯动作控制信号的速度指令设定器、功率放大回路、颤振回路和速度反馈回路等。

液压驱动部分由电液伺服阀及受其控制的液压马达组成。液压马达通过减速齿轮箱驱动拉辊，以实现水平连铸所要求的拉坯动作。速度传感器测得的拉辊速度信号经衰减器、滤波器后以负反馈的型式与指令信号相比较以实现速度闭环控制。

水平连铸电液伺服系统的方块图，如图22. 11-42 所示。

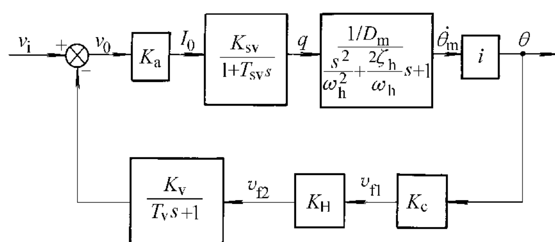


图 22. 11-42　水平连铸电液伺服系统方块图

在方块图中各环节的传递函数相应地由式(22. 11-47 ~22. 11-53)给出。

伺服放大器的传递函数

$$\frac{I_0(s)}{v_0(s)} = K_a \quad (22.11\text{-}47)$$

电液伺服阀的传递函数

$$\frac{q(s)}{I_0(s)} = \frac{K_{sv}}{1 + T_{sv}s} \quad (22.11\text{-}48)$$

液压马达的传递函数

$$\frac{\dot{\theta}_m(s)}{q(s)} = \frac{\frac{1}{D_m}}{\frac{s^2}{\omega_h^2} + \frac{2\zeta_h}{\omega_h}s + 1} \quad (22.11\text{-}49)$$

减速箱的传动比

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{\dot{\theta}_m(s)} = i \quad (22.11\text{-}50)$$

直流测速电动机的传递函数

$$\frac{v_{f1}(s)}{\dot{\theta}(s)} = K_c \quad (22.11\text{-}51)$$

衰减器的传递函数

$$\frac{v_{f2}}{v_f} = K_H \quad (22.11\text{-}52)$$

滤波器的传递函数

$$\frac{v_f(s)}{v_{f2}(s)} = \frac{K_v}{T_v s + 1} \quad (22.11\text{-}53)$$

系统开环传递函数为

$$G(s)H(s) = \frac{K(1 + T_d s)}{(1 + T_{sv}s)\left(\frac{s^2}{\omega_h^2} + \frac{2\zeta_h}{\omega_h}s + 1\right)(T_{sv}s + 1)} \quad (22.11\text{-}54)$$

式中　K——系统开环增益，$K = K_d K_a K_{sv} \frac{1}{D_m} \times i K_c K_H K_v$。

5.3　位置伺服系统应用实例

位置伺服系统是液压伺服系统中最为常见的应

用，如电弧炉炼钢电极的位置控制、液压压下装置的位置伺服控制等。下面简要介绍带材跑偏的位置伺服控制。

在带状材料的卷取机械生产过程中均存在跑偏，即边缘位置偏移问题。为了使带材自动卷齐，就需要进行跑偏控制(位置控制)，即边缘位置控制。常用的有气液伺服跑偏控制和电液伺服跑偏控制两种不同系统。现将后者的工作原理粗略介绍如下。

图22.11-43是跑偏控制系统的工作原理图，图22.11-44是液压系统图，图22.11-45是系统方框图。

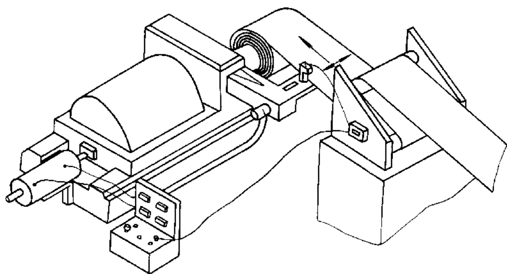


图22.11-43　跑偏控制系统工作原理图

由与卷筒刚性连接的光电位置检测器检测钢带的横向跑偏量及方向。光电检测器由光源与光电二极管组成。当带材正常运行时，光电管接收一半光照，其电阻值为 R。当带边偏离检测器中央时，光电管接收的光照发生变化，电阻值随之变化。因而破坏了以光电管电阻为一臂的电桥平衡，输出一偏差信号电压。此信号经放大器放大后输入电液伺服阀，使伺服阀输出一正比于输入信号的流量，推动伺服缸拖动卷筒向跑偏的方向跟踪，从而实现了带材自动卷齐。由于检测器与卷筒一起移动，形成了直接位置反馈。在跟踪位移与跑偏位移相等时，偏差信号为零，卷筒在新的平衡状态下卷取，完成了一次自动纠偏过程。通常卷齐精度为 ±1 ~ ±2mm。图中电磁换向阀的作用是使伺服缸1与辅助液压缸8互锁。正常工作时，M_2 通电，辅助缸8锁紧。在加工结束和重新开始时，M_1 通电使伺服缸1锁紧，由辅助液压缸8来实现检测器的退回与自动对准带边。

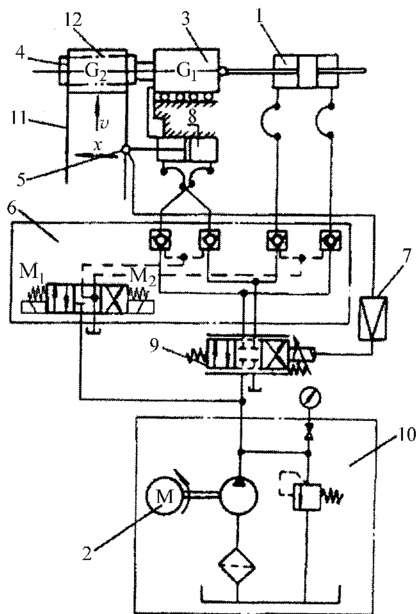


图22.11-44　液压系统图

1—伺服缸　2—电动机　3—卷取机　4—卷筒　5—光电检测器　6—跑偏控制装置　7—电放大器　8—辅助液压缸　9—伺服阀　10—能源装置　11—钢带　12—钢卷

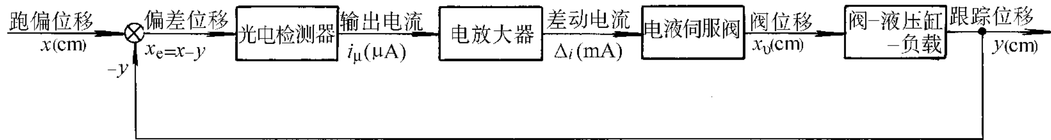


图22.11-45　系统方框图

(1) 系统的有关原始参数

1) 机组最大卷取速度 $v=5\text{m/s}$。

2) 与活塞相连的运动部件重量35000kg。

3) 卷取误差 $e\leqslant \pm 2\times 10^{-3}\text{m}$。

4) 钢带卷移动最大距离 $s=0.15\text{m}$。

5) 最大摩擦力 $F_f=17500\text{N}$。

6) 系统剪切频率 $\omega_c\geqslant 20\text{rad/s}$。

7) 卷筒轴向最大速度 $v_m=2.2\times 10^{-2}\text{m/s}$。

8) 卷筒轴向最大加速度 $a_m=0.47\text{m/s}^2$。

(2) 光电检测器与放大器的传递函数

光电检测器和放大器均可看作比例环节，它们串联在一起为一个比例环节，输入为偏差位移 x_e，输出为差动电流 I，传递函数为

$$K_1=\frac{I}{X_e}=188.6\text{A/m}$$

(3) 电液伺服阀的传递函数

电液伺服阀的输入为差动电流 I，输出为滑阀位移 x_v，相应的流量为 Q。从而电液伺服阀以电流 I 为

输入，以流量 Q 为输出的传递函数为

$$G_{sv}(s)=\frac{Q(s)}{I(s)}=\frac{K_{sv}}{\frac{s^2}{\omega_{sv}^2}+\frac{2\xi_{sv}}{\omega_{sv}}+1}$$

其中，K_{sv} 为电液伺服阀的增益，$K_{sv}=1.96\times10^{-3}\mathrm{m^3/(s\cdot A)}$；$\omega_{sv}$ 为电液伺服阀的固有频率，$\omega_{sv}=157\mathrm{rad/s}$；$\xi_{sv}$ 为电液伺服阀的阻尼比，$\xi_{sv}=0.7$。

（4）液压缸的传递函数

输入为流量 Q，输出为位移 x_p，传递函数为

$$G_p(s)=\frac{X_p(s)}{Q(s)}=\frac{K_p}{s\left(\frac{s^2}{\omega_p^2}+\frac{2\xi_p}{\omega_p}+1\right)}$$

其中，K_p 为液压缸的增益，$K_p=59.5\mathrm{L/m^2}$；ω_p 为液压缸的固有频率，$\omega_p=88\mathrm{rad/s}$；$\xi_p$ 为液压缸的阻尼比，$\xi=0.3$。

（5）系统的方框图如图 22.11-46 所示。

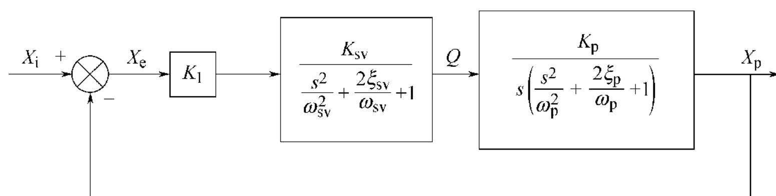


图 22.11-46　带钢卷取跑偏控制系统方框图

系统的开环传递函数为

$$G_k(s)=K_1G_{sv}(s)G_p(s)$$
$$=\frac{K_1K_{sv}K_p\omega_{sv}^2\omega_p^2}{s(s^2+2\xi_{sv}\omega_{sv}s+\omega_{sv}^2)(s^2+2\xi_p\omega_ps+\omega_p^2)}\tag{22.11-55}$$

5.4　液压压下（AGC）伺服系统简介

轧机液压压下系统是控制大型复杂、负载力很大、扰动因素多、扰动关系复杂、控制精度和响应速度要求很高的设备，采用了高精度仪表并由大中型工业控制计算机系统控制的电液伺服系统。

AGC 是厚度自动控制的简称。液压 AGC 采用了液压执行元件（压下缸）的 AGC，国内称液压压下系统。AGC 是现代板带轧机的关键系统，其功能是不管板厚偏差的各种扰动因素如何变化，都能自动调节压下缸的位置，即轧机的工作辊间隙，从而使出口板厚恒定，保证产品的目标厚度、同板差、异板差达到性能指标要求。

（1）基本控制思想

影响板厚的各种因素集中表现在轧制力和辊缝上。图 22.11-47 为轧制示意及变形曲线图。

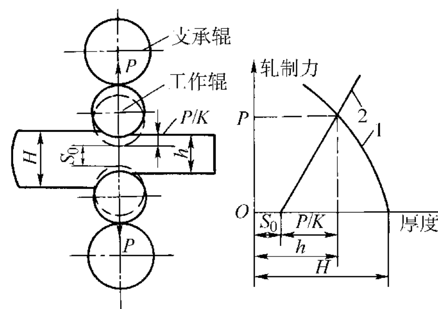


图 22.11-47　轧制示意及变形曲线图
H—来料板厚　S_0—空载辊缝
P—轧制力　K—轧机的刚度
1—轧机塑性变形抗力曲线　2—轧机弹性变形曲线

轧机的弹跳方程为

$$h=S_0+\frac{P}{K}$$

式中　S_0——空载辊缝（mm）；
P——轧制压力（N）；
K——轧机的自然刚度（$\mathrm{N\cdot mm^{-1}}$）；
h——出口板厚（mm）。

影响轧制力的因素是：来料厚度 H 的增加使 P 增大，轧材力学性能的变化和连轧中带材张力波动都将使 P 发生变化；影响辊缝的因素是：轧辊膨胀使 S_0 减小，轧辊磨损使 S_0 增大，轧辊偏心和油膜轴承的厚度变化会引起 S_0 的周期变化。

在 AGC 系统中，h 为被控制量，希望 h 恒定，影响板厚变化的各种因素为扰动量，由于扰动因素多且变化复杂，因此，AGC 系统的基本控制思想是：采用位置闭环控制 + 扰动补偿控制。

（2）工作原理

由于轧制力及其波动值很大，而轧机刚度有限，因此，扰动量中，以轧制力引起的轧机弹跳对出口板厚的影响最大。采用位置闭环 + 轧制力主扰动补偿构成的液压 AGC，称为力补偿 AGC。

图 22.11-48 为 AGC 原理图，引入力补偿后，出口板厚：

$$h=S_0+\frac{\Delta p}{K}-C\frac{\Delta p}{K}$$

$$= S_0 + \frac{\Delta p}{K}(1 - C) = S_0 + \frac{\Delta p}{K_m}$$

式中　K_m——轧机的控制刚度，$K_m = K/(1-C)$。

K_m 可以通过调整补偿系数 C 加以改变：

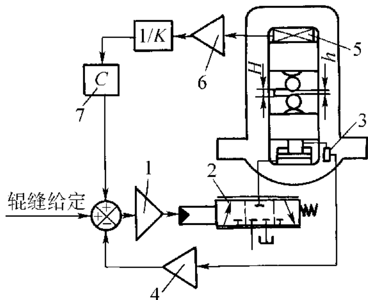


图 22.11-48　AGC 原理图

1—伺服放大器　2—伺服阀　3—位移传感器
4—位移传感器二次仪表　5—力传感器(压头)
6—力传感器二次仪表　7—补偿系数

使 $C=1$ 时，$K=\infty$，意味着轧机控制刚度无穷大，即弹跳变形完全得到补偿，实现了恒辊缝轧制。由于力补偿为正反馈，为使系统稳定，应作成欠补偿，即取 $C=0.8\sim0.9$。

使 $C=0$ 时，$K_m=K$，意味着力不补偿未投入，只有位置环节起作用，轧机的弹跳变形量影响仍然存在。

(3) 液压 AGC 的控制方式

AGC 仅对主要扰动-轧制力的变化及影响进行补偿，并提出了头部锁定(相对值)AGC 技术。为使板厚精度达到高标准(例如,冷轧薄板的同板差≤±0.003mm,热轧薄板的同板差≤±0.02mm)，必须对其他扰动也进行补偿，完善的液压 AGC 系统如图 22.11-49 所示，它包括：

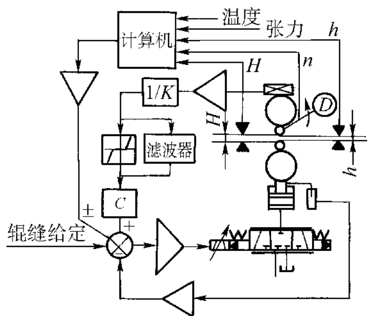


图 22.11-49　控制扰动示意图

1）液压 APC：即液压位置自动控制系统，它是液压 AGC 的内环系统，是一个高精度、高响应的电液位置闭环伺服系统，它决定着液压 AGC 系统的基本性能。它的任务是接受厚控 AGC 系统的指令，进行压下缸的位置闭环控制，使压下缸实时准确地定位在指令所要求的位置。也就是说，液压 APC 是液压 AGC 的执行系统。

2）轧机弹跳补偿 MSC：其任务是检测轧制力，补偿轧机弹跳造成的厚度偏差。MSC 是 HAGC 系统的主要补偿环。

3）热凸度补偿 TEC：轧辊受热膨胀时，实际辊缝减小，轧制力增加，轧件出口厚度减小；此时如用弹跳方程式计算轧件出口厚度，由于轧制力增大，计算出的厚度反而变大了。如果不对此进行处理，AGC 就会减小辊缝，使实际出口轧件厚度更薄，即轧辊热膨胀的影响反而被轧机弹跳补偿放大了。TEC 的作用便是消除这种不良影响。此外，TEC 中还要考虑轧辊磨损的影响。

4）油膜轴承厚度补偿 BEC：大型轧机支承辊轴承一般采用能适应高速重载的油膜轴承。油膜厚度取决于轧制力和支承辊速度：轧制力增加，辊缝增加；速度增加，辊缝减小。通过检测轧制力和支承辊速度可进行 BEC 补偿。

5）支承辊偏心补偿 ECC：支承辊偏心将使辊缝和轧制压力发生周期性变化，偏心使辊缝减小的同时，将使轧制压力增大，如果将偏心量引起的轧制压力进行补偿，必将使辊缝进一步减小，因为力补偿会使压下缸活塞朝着使辊缝减小的方向调节。为解决这一问题，拟在力补偿系数 C 环节之前加一死区环节，死区值等于或略大于最大偏心量，为了能让小于死区值的其他缓变信号能够通过，死区环节旁并联一个时间常数较大的滤波器，滤波器不允许快速周期变化的偏心信号通过。

6）同步控制 SMC：四辊轧机传动侧、操作侧的压下缸之间没有机械连接，两侧压下缸的负载力(轧制反力)又可能因偏载而差别较大，这将造成两侧运动位置不同步，为此需要引入同步控制。方法是将检测到的两侧压下缸活塞位移信号求和取平均值作为基准，以活塞位移与平均值的差值作为补偿信号，迫使位移慢的一侧加快运动到位，使位移快的一侧减慢运动到位。

7）倾斜控制：对于中厚板轧机，当来料出现楔形或轧制过程产生镰刀弯时，需引入倾斜控制。通过两侧轧制力差值或在轧机出口两侧各装一台激光测厚仪，测其两侧板厚差，进行倾斜控制，使板厚的一侧压下缸压下，板薄的一侧上抬。

8）加减速补偿：对于可逆冷轧机，轧机加速、减速过程中带材与辊系摩擦因数等变化引起的轧制力变化会对出口板厚造成影响，为此引入加减速补偿环，根据轧制数学模型推算出压下位置的修正量。

9）前馈(预控)AGC：针对入口板厚变化而造成的出口板厚影响而设置的补偿称为前馈 AGC，方法

是由测厚仪检测入口板厚，根据轧制数学模型推算出入口板厚对出口板厚的影响值，进而推算出压下指令修正量，并进行补偿控制。

10）监控 AGC：通过检测出口板厚而设置的板厚指令修正补偿环节称为监控 AGC。尽管 AGC 系统中已采取了一系列补偿措施，由于扰动因素很多，且各扰动因素对出口板厚的影响关系复杂，不可能实现完全补偿，因此出口板厚难免还存在微小偏差，对于要求纵向厚差≤±(0.003～0.005)mm 的冷轧机来说，应用测厚仪进行监控是必不可少的。

以上补偿措施并非每台轧机都全部采用，需要根据轧机的类型、精度要求和工程经验采用其中的一些主要补偿措施。

11）恒压力 AGC：上述 AGC 系统，难以补偿支承辊偏心造成的微小厚差。通常，轧制最后一个道次时，采用恒压轧制来减缓偏心造成的厚差。所谓恒压轧制是断开位置闭环，将力补偿变成力闭环，实现恒压力闭环控制。平整机中一般都采用恒压力 AGC。

5.5　伺服系统液压参数的计算实例

为提高产品质量保证产品的目标厚差、同板差和异板差，在热轧机原有电动压下系统的基础上，增设液压压下微调系统，提高压下系统的控制精度和响应速度。已知轧机的主要工艺参数如下：

成品最大宽度、长度：2700mm×28000mm；成品厚度：5～40mm；坯料最大厚度、宽度、长度：300mm×1500mm×2500mm；额定轧制力：50000kN；最大轧制速度：5m/s；轧机综合刚度：6500kN/mm；辊系总量：2×165000kg。

(1) 对 AGC 控制系统的设计要求

系统性能指标：

压下缸额定压下力：25000kN

压下缸最大压下力：30000kN

压下缸行程：60mm

压下速度：≥6mm/s

快速回程速度：20m/s

液压 APC 系统定位精度：≤±0.005mm

液压 APC 系统频宽(−3dB)：≥10Hz

液压 APC 系统 0.1mm 阶跃

响应时间：≤50ms

出口板厚精度(同板差)指标：

5～10mm：≤0.10mm

10～20mm：≤0.16mm

20～40mm：≤0.22mm

(2) 控制模式分析

由于压下力很大，且精度和稳定性要求很高，因此 APC 系统一般采用三通阀—不对称缸控制模式，即用标准四通伺服阀当三通阀用，压下缸活塞腔受控，活塞杆腔通恒定低压。如 22.11-50 所示，低压 p_r 的作用是轧制时 $p_r=0.5$MPa 左右，防止活塞杆腔空吸并吸入灰尘；换辊时使 $p_r=3$MPa 左右用于快速提升压下缸。

压下缸放在上支承辊轴承座与压下螺钉(或牌坊顶面)之间时，压下缸倒置，即活塞杆不动、缸体运动。

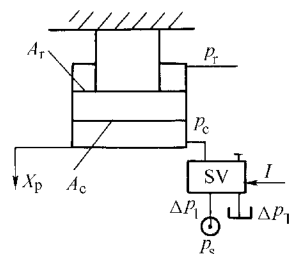


图 22.11-50　压下缸示意图

(3) 压下缸参数的确定与计算

1）系统供油压力 p_s　因压下力很大，为避免压下缸尺寸、伺服阀流量和供油系统参数与尺寸过大，拟取经济压力；考虑到液压元件及伺服阀的额定压力系列，并考虑到可靠性和维护水平，取 $p_s=28$MPa。

2）负载压力 p_L　考虑到压下力很大，这里不可能按常规即最大功率传输条件取 $p_L=(2/3)p_s$；但 p_L 也不应过大，应保证伺服阀阀口上有足够压降，以确保伺服阀的控制能力，这里取 $p_L=23$MPa。

3）压下缸行程 S　压下缸行程可根据来料最大厚度、压下率、成品最小厚度及故障状态的过钢要求等加以确定，取 $S=60$mm。

4）液压缸背压 p_r　压下控制状态取 $p_r=0.5$MPa。

5）活塞直径 D 与活塞杆直径 d

压下力　$F=A_c p_L-A_r p_r$

式中　A_c——活塞腔工作面积(m²)；

A_r——活塞杆腔面积(m²)。

令面积比 $\alpha=A_c/A_r$，得

$$A_c=F/(p_L-p_r/\alpha)$$

由 $F=25000$kN，$p_L=23$MPa，$p_r=0.5$MPa，并取 $\alpha=4$，得 $A_c=10989.01\times10^{-4}\text{m}^2$

$$D=\sqrt{4A_c/\pi}=118.29\times10^{-2}\text{m}$$

取　$D=\phi1200$mm

$d=\phi1050$mm

则　$A_c=11309.73\times10^{-4}\text{m}^2$

$A_r=2650.72\times10^{-4}\text{m}^2$

$\alpha=A_c/A_r=4.27$

$$p_L=22.22\text{MPa}$$

6）液压谐振频率校验　对于三通阀控制的差动缸，液压谐振频率

$$\omega_h=\sqrt{\frac{\beta_e A_c^2}{V_c m_t}}=\sqrt{\frac{\beta_e A_c}{S m_t}}$$

式中　A_c——压下缸活塞腔工作面积，$A_c=11309.73\times10^{-4}\text{m}^2$；

β_e——油液的容积弹性模量，考虑到系统在23MPa左右的高压状态下工作，取$\beta_e\approx1000\text{MPa}$；

V_e——压下缸活塞腔控制容积，考虑到伺服阀块直接贴装在压下缸缸体上，管道容积极小，则$V_{cmax}=A_c S$；

S——压下缸行程，$S=6\times10^{-2}\text{m}$；

$$m_t=\frac{m_{Rs}}{2}+m_{cy}=85.5\times10^3\text{kg};$$

m_{Rs}——上辊系的运动质量，$m_{Rs}=165\times10^3\text{kg}$；

m_{cy}——压下缸缸体运动质量，$m_{cy}=3\times10^3\text{kg}$。

将A_c、β_e、S、m_t诸参数代入ω_h中，可计算出

$$\omega_h=469.53\text{rad/s}=74.73\text{Hz}$$

由于ω_h很高，可以不必担心APC系统的动态响应。

7）液压动力元件的传递函数

$$\omega_h(s)=\frac{1/A_c}{\frac{s^2}{\omega_h^2}+\frac{2\xi}{\omega_h}s+1}$$

式中　$1/A_c=1/11309.73\times10^{-4}=88.42\times10^{-2}\text{m}^{-2}$

$\omega_h=469.53\text{rad/s}$

$\xi_{hmin}=0.2$

（4）伺服阀参数的确定

1）负载流量　由压下速度$v=6\text{mm/s}$，可求出伺服阀的负载流量

$$q_{VL}=uA_c=407.15\text{L/min}$$

2）伺服阀的选择及其参数　选用MOOG（莫格）D792系列伺服阀，主要参数如下：

额定流量　$q_{VN}=400\text{L/min}$（单边$\Delta p_N=3.5\text{MPa}$时）

最大工作压力　35MPa

输入信号　±10V或±10mA

响应时间（从0至100%行程）4～12ms

分辨率<0.2%

滞环<0.5%

零漂（$\Delta T=55\text{K}$）<2%

总的零位泄漏流量（最大值）10L/min

先导阀的零位泄漏流量（最大值）6L/min

3）伺服阀的工作流量

阀口实际压降　$\Delta p=p_s-\Delta p_1-p_L-\Delta p_T$

式中　液压站供油压力　$p_s=28\text{MPa}$

液压站至伺服阀的管路总压降　$\Delta p_1\approx1\text{MPa}$

伺服阀回油管路压降　$\Delta p_T\approx0.5\text{MPa}$

额定负载压力　$p_L=22.22\text{MPa}$

$$\Delta p=4.28\text{MPa}$$

于是伺服阀的工作流量：

$$q_{VL}=q_{VN}\sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta p_N}}=442.33\text{L/min}$$

4）实际压下速度校验

由$q_{VL}=442.33\text{L/min}$及$A_c=11309.73\times10^{-4}\text{m}^2$，可得实际压下速度

$$v=\frac{q_{VL}}{A_c}=6.52\text{mm/s}$$

为达到输入振幅$A_m=0.1\text{mm}$下系统频宽≥10Hz，即$\omega\geqslant62.83\text{rad/s}$的条件，应使动态速度：

$$v_d\geqslant A_m\omega=6.28\text{mm/s}$$

可见，选用$q_{VN}=400\text{L/min}$伺服阀可以满足静态及动态速度要求。

注：动态分析计算部分省略。

6　电液伺服阀主要产品

6.1　国内电液伺服阀主要产品简介

6.1.1　力矩马达式电液伺服阀（见表22.11-9、表22.11-10）

表22.11-9　力矩马达式电液伺服阀技术参数

型　号		FF101	FF102	FF106-63 FF106A-103	FF106A-218 FF106A-234 FF106A-100	FF111		FF113-150	FF113-250	FF113-400
液压特性	额定流量 q_{Vn}/L·min^{-1}	1，1.5，2，4，6，8	2，5，10，15，20，30	63	100	6.3，15，30，63	10，25，50，100	150	250	400
	额定供油压力p_s/MPa	21				21		21		
	供油压力范围/MPa	2～28				2～21		2～21		

（续）

型　　号		FF101	FF102	FF106-63 FF106A-103	FF106A-218 FF106A-234 FF106A-100	FF111		FF113-150	FF113-250	FF113-400
电气特性	额定电流 I_n/mA	10，40		15	40	15	40	40	15	40
	线圈电阻/Ω	50，700		200	80	200	80	80	200	80
	颤振电流(%)	10~20				10~20		10~20		
	颤振频率/Hz	100~400				100~400		100~400		
静态特性	滞环(%)	≤4				≤4		≤4		
	压力增益/1% I_n	>30				>30		>30		
	分辨率(%)	≤1		≤0.5		<0.5		<1.5		
	非线性度(%)	≤±7.5				≤±7.5		≤±7.5		
	不对称度(%)	≤±10				≤±10		≤±10		
	零位重叠(%)	−2.5~2.5				−2.5~+2.5		−2.5~+2.5		
	零位流量/L·min⁻¹	≤0.25+5% q_{Vn} ≤0.5+4% q_{Vn}		≤1+3% q_{Vn}	≤3	≤0.8+4% q_{Vn}				
	零偏(%)	≤±3				≤±2(可调)				
	压力零漂①(%)	≤±2				≤±2①				
	温度零漂②(%)	≤±4(−30~150℃)		≤±4(每变化56℃)		≤±4②				
频率特性	幅频宽/Hz	>100		>50	>45	≥60		≥35	≥30	≥20
	相频率/Hz	>100		>50	>45	≥60		≥40	≥30	≥30
其他	工作介质	YH-10　YH-12				YH-10，YH-12		YH-10，YH-12		
	工作温度/℃	−55~150		~100	−30~100	−30~100		−30~100		
	重量/kg	0.19	0.4	1	1.2/1.43	1.3				

生产厂：航空工业第六〇九研究所(湖北襄樊)。

① 供油压力变化(80~110)% p_s。

② 温度变化间隔为40℃。

表 22.11-10　QDY、DYSF、YFw、YF 型技术性能

型　　号	QDY6	QDY9	QDY10	QDY12	QDY14	DYSF-3Q	DYSF-2Q-I	DYSF-4Q-250	YFW06	YFW10	YFW08	YF7	YF12	YF13
额定流量 Q_n /L·min⁻¹	4，10，12，40，60	125，200	80，100，125	4，10，20，40		40，60，80	230	144	33，44，66，88，100	160，250 400	18，35，70，105	1.5，2.5，10，16，4，6，8，20，27	1，2，4，6	50，70，90，115
额定供油压力 p_s/MPa	31.5	21	25			21			21			21		
供油压力范围 /MPa	1.5p_s					1~21			1~21			1~21		
额定电流 I_n/mA	10，15，30，40，80，120，200，350，2000，3000					40			8，10，15，20，30，40，50		100	8，10，15，20，30，40，50		

（续）

型　　号	QDY6	QDY9	QDY10	QDY12	QDY14	DYSF-3Q	DYSF-2Q-I	DYSF-4Q-250	YFW06	YFW10	YFW08	YF7	YF12	YF13
线圈电阻/Ω	1000，650，220，80，22，30，4，2，2.5，5					80		100	1500，1100，500，250，130，70，40		27	1500，1100，500，250，130，70，40		
颤振电流（%）						<10								
颤振频率/Hz						300～400								
滞环（%）	<3					<3	<4	<4	<4			<4		
压力增益 /%p_s，1%I_n	30～95					30～80	>30		>30			>30		
分辨率（%）	<0.5					<0.5	1	<1.5	<0.5	<1.5		<1		<0.5
非线性度（%）	≤±7.5					≤±7.5			<±7.5			<±7.5		
不对称度（%）	<±10					≤±10			≤±10			<±10		
重叠（%）	按用户要求								−2.5～+2.5			−2.5～+2.5		
零位流量 /L·min^{-1}	<1.3	<3	<2.5	<1.2	<1.3	<2.5	<5	<8	≤3	≤10	≤4	<0.4+5%Q_n	<0.3+5%Q_n	≤4
零偏（%）	<±3					<±2	<±3	<±3	可外调			<±3		
压力零漂[①]（%）	<±2					<±3	<±4	<±4	<±2			<±2		
温度零漂[②]（%）	<±2					<±3	<±4	<±4	<±4			<±4		
幅频宽 （−3dB）/Hz	>60	>30	>40	>120	>60	>60	>40	>40	>60	>30	>13	>100		>50
相频宽 （−90°）/Hz						>60	>40	>40	>60	>30	>15	>100		>70
工作介质	22 透平油，YH-10					HY-10，N32 液压油			YH-10，YK-12 或其他矿物油			YH-10，YK-12 或其他矿物油		
工作温度/℃	−40～100					0～60			−10～80	−35～100	−55～150			−30～100
重量/kg	1		3.4			1			1.3	4	1.2	0.4	0.2	1.1

生产厂：QDY—北京机床研究所（北京密云）；DYSF—中国航空精密机械研究所（北京丰台）；YFW、YF—陕西汉中秦峰机械厂。

① 80%～110%p_s。

② 每变化 56℃。

6.1.2　双喷嘴挡板电反馈式（QDY3、QDY8、DYSF、FF108、FF109 型）电液伺服阀（见表 22.11-11）

表 22.11-11　技术性能

型　　号		QDY3	QDY8	DYSF-3G-I	DYSF-3G-Ⅱ	FF108	FF109P	FF109G
液压特性	额定流量 Q_n/L·min^{-1}	125，250，300，500	20，40	200	400	60，100	150，200，300	400
	额定供油压力 p_s/MPa	21		21		21		
	供油压力范围/MPa	1.5～21	2～21	7～21		2～28	2～21	

（续）

型号		QDY3	QDY8	DYSF-3G-I	DYSF-3G-Ⅱ	FF108	FF109P	FF109G
电气特性	额定电流 I_0/mA	10，15，30，40，80，120，200	200，350	40		50	10	
	线圈电阻/Ω	1000，650，220，80，22，30，4	4，2	80		35	60	
	颤振电流(%)			<10		10~20		
	颤振频率/Hz			300~400		100~400		
静态特性	滞环(%)	<3	<3	<3		≤3	≤1	
	压力增益/%p_s，1%I_n	30~95	>30	>40	>30	>30	6~50（%p_s,1%阀芯行程）	
	分辨率(%)	<0.5		<0.5	1	≤0.5		
	非线性度(%)		< ±7.5	< ±7.5		≤ ±5	≤ ±7.5	
	不对称度(%)	≤ ±10	< ±10	< ±10		≤ ±5	≤ ±10	
	重叠(%)	按用户要求		-2.5~2.5		-2.5~2.5		
	零位流量/L·min^{-1}	<4	<1.5	<8		≤3.3	≤13，≤20	
	零偏(%)		< ±2	< ±2		≤ ±2(可调)		
	压力零漂(%)	< ±2	< ±2	< ±3	< ±5	≤ ±2		
	温度零漂(%)	< ±3	< ±2	< ±3	< ±5	< ±2	≤ ±2.5	
频率特性	幅频宽/Hz	≥30	>300	>100	>70	≥250	>70	>150
	相频率/Hz	≥30	>300	>100	>80	≥250	>70	>100
其他	工作介质	YH~10，22 号透平油		YH-10，N32 液压油		YH-10，YH-12		
	工作温度/℃	-40~100		0~60		20~60	20~80	
	重量/kg				18	1.5	7.8	

生产厂：QDY—机械电子工业部北京机床研究所；DYSF—中国航空精密机械研究所；FF—航空工业总公司第六〇九研究所。

6.1.3　滑阀直接位置反馈式(DQSF-Ⅰ型)电液伺服阀和动圈式滑阀直接反馈式(QDY4、YJ、SV型)电液伺服阀(见表 22.11-12)

表 22.11-12　技术性能

型号		DQSF-Ⅰ	QDY4	YJ741	YJ742	YJ752	YJ761	YJ861	SV8	SV10
液压特性	额定流量 q_{Vn}/L·min^{-1}	100	80，100，125，250	63，100，160	200，250，320	10，20，30，40，60，80，100	10，16，25，40	400，500，600	6.3，10，16，25，31.5，40，63，80	100，125，160，200，250
	额定供油压力 p_s/MPa	21	21	6.3		6.3		6.3	31.5	20
	供油压力范围/MPa	1~28	1.5~21	3.2~6.3		3.2~6.3		4.5~6.3	2.5~31.5	2.5~20

（续）

	型 号	DQSF-Ⅰ	QDY4	YJ741	YJ742	YJ752	YJ761	YJ861	SV8	SV10
电气特性	额定电流 I_n/mA	300	10，15，30，40，80，120，200	100	150	300			300	
	线圈电阻/Ω	59	1000，650，220，80，22，10，4	80		40			30	
	颤振电流(%)			10～25		10～25			≤10	
	颤振频率/Hz	300～400		50		50			50～200	
静态特性	滞环(%)	<5	<3	<5		<3		<5	<3	
	压力增益(%) p_s，1% I_n	>30	30～95							
	分辨率(%)	<1	<0.5	<1		<1			<0.5	
	非线性度(%)	< ±7.5								
	不对称度(%)	< ±10	< ±10	< ±10		< ±10				
	重叠(%)	按用户要求								
	零位流量 /L·min^{-1}	<6	<4	1% Q_n		5% Q_n		1% Q_n	<3	<5
	零偏(%)	< ±3							≤ ±3	
	压力零漂(%)	< ±3	< ±2	≤ ±2					< ±2	
	温度零漂(%)	< ±3	< ±3	≤ ±2					< ±2	
频率特性	幅频宽/Hz	>70		>15	>10	>16	>50	>7	>100	
	相频率/Hz	>70							>80	
其他	工作介质	YH-10，N32液压油23号 透平油YH-10			液压油，乳化液，全损耗系统用油				矿物油(20～40mm²/s)	
	工作温度/℃	0～60	－40～＋100						10～60	
	重量/kg	15				25	18	4	30	

生产厂：DQSF—中国航空精密机械研究所；QDY—北京机床研究所；YJ—北京冶金液压机械厂；SV—北京机械工业自动化研究所、上海科星电液控制设备厂。

6.1.4 射流管式力反馈(CSDY、FSDY、SSDY型)、动压反馈(FF103型)双喷嘴挡板压力反馈(DYSF-3P型)、带液压锁(FF107A型)电液伺服阀(见表22.11-13)

表22.11-13 技术性能

	型 号	CSDY1	CSDY3	CSDY5	FSDY	DSDY	SSDY	FF103	DYSF-3P	FF107A
液压特性	额定流量 q_{Vn} /L·min^{-1}	2，4，8 10，15，20，30，40	60，80，100，120，140	140，180，200，220	2，4，8，10，15，20，30，40	2，4，8，10，15，20，30，40	80	2～30	80	2，5，10，15
	额定供油压力 p_s/MPa	21					4	21		
	供油压力范围/MPa	1～31.5					1～4	2～28		8～28

（续）

	型　号	CSDY1	CSDY3	CSDY5	FSDY	DSDY	SSDY	FF103	DYSF-3P	FF107A
电气特性	额定电流 I_n/mA	8					50	10，40	4	10
	线圈电阻/Ω	10^3 ±100					25±2.5	50，700	80	700
	颤振电流(%)	不需要颤振电流						10～20		10～20
	颤振频率/Hz							100～400	300～400	100～400
	滞环(%)	一般<3，最大<4%						≤4	≤3	≤4
	压力增益(%) $p_s 1\% I_n$	>30						>30		>30
	分辨率(%)	<0.25						≤1	<2	≤1
	非线性度(%)	< ±7.5						≤ ±7.5		
	不对称度(%)	< ±10						≤ ±10		
静态特性	重叠(%)	-2.5～2.5						-2.5～2.5		-2.5～2.5
	零位流量 /L·min^{-1}	≤1	≤0.5+4% Q_n					≤0.5+4% Q_n	<15	≤0.4+5% Q_n
	零偏(%)	< ±2						≤ ±3	≤ ±2	≤ ±3
	压力零漂(%)	< ±2						≤ ±2	< ±3	≤ ±2
	温度零漂(%)	< ±2						≤ ±3 (-35～58℃)	< ±3	≤ ±5
频率特性	幅频宽/Hz	>70	37	20	>70	>72	27	>100	>90	>100
	相频率/Hz	>90	>65	>45	>90	>90	>40	>100	>90	>100
其他	工作介质	2055 号，22 号透平油，YH-10						YH-10，YH-12	YH-10	YH-10，YH-12
	工作温度/℃	-40～85						-55～150	10～45	-55～150
	重量/kg	<0.4	<1.5	<3	<0.4	<0.4	<1.5	1		1

生产厂：CSDY、FSDY、DSDY、SSDY—上海船舶设备研究所(CSDY—船用射流管电液伺服阀,FSDY—航空射流管电液伺服阀;DSDY—三线圈电余度射流管电液伺服阀,SSDY—水轮机调速射流管伺服阀)；FF103、FF107A—航空工业第六〇九所(FF103—动压反馈电液伺服阀,FF107A—带液压锁的电液伺服阀)；DYSF—3P—中国航空精密机械研究所。

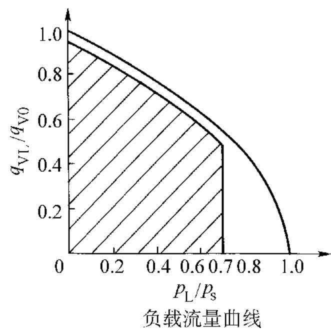
6.1.5　动圈式 SVA8、SVA10 伺服阀(见表 22.11-14)

表 22.11-14　技术性能

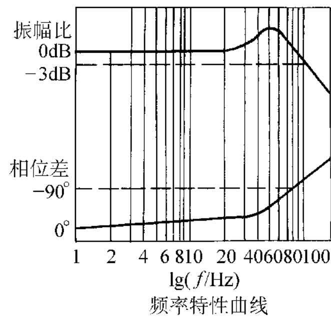
	性能/规格	SVA8-□-□/□	SVA10-□-□/□
技术性能	工作压力 p_s/MPa	1～31.5	1～20
	最大回油背压/MPa	≤5	
	额定电流 I_n/mA	300,1000	
	线圈电阻/Ω	30，5	
	零耗流量/L·min^{-1}	<0.5+5% q_{Vn}	<0.5+5% q_{Vn}

（续）

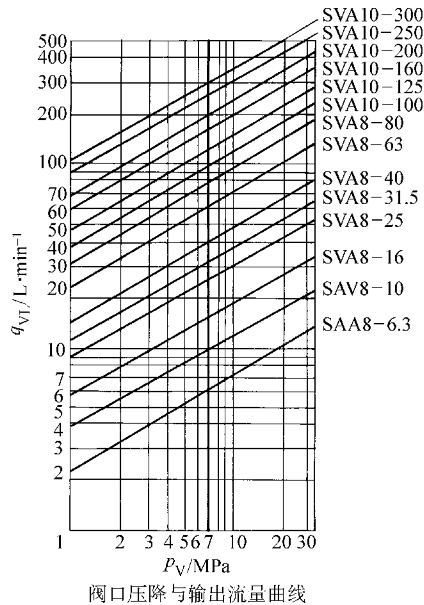
技术性能	项目		
	滞环(%)	<3	
	线性度(%)	<7.5	
	对称度(%)	<10	
	分辨率(%)	<0.5	
	零偏(%)	<3	
	压力零漂(%)	±15%p_s 变化时 <2	
	温度零漂(%)	油温每变40℃时 <2	
	压力增益(%) p_s，1%I_n	>30	
	频宽(-3dB)/Hz	>100	>50
	工作液体	矿物油(粘度 20～40mm^2/s)	
	工作油温/℃	20～60	
	要求系统清洁度	≤10μm	
	重量/kg	4.2	14.2
	配套放大器	YCF-6	



负载流量曲线



频率特性曲线



阀口压降与输出流量曲线

生产厂：北京机械工业自动化研究所。

6.2　国外主要电液伺服阀产品简介

6.2.1　双喷嘴挡板力反馈式电液伺服阀(MOOG 公司)(见表 22.11-15)

表 22.11-15　技术性能

型　号		MOOG 30	MOOG 31	MOOG 32	MOOG 34	MOOG 35	MOOG 62	MOOG 72	MOOG 73	MOOG 760	MOOG 780	MOOG 78
液压特性	额定流量 Q_n /L·min^{-1}	1.2～12	6.7～26	27～54	49～73	73～170	9.5，19，38，57，76	96，159，230	3.8，9.5，19，38，57		38，45，57	76，114，151
	额定供油压力 p_s/MPa	21					7					
	供油压力范围 /MPa	1～28					1.4～14	1～28	1～28		1.4～21	1.4～21
电气特性	额定电流 I_n/mA	8，10，15，20，30，40，50					30，100	8，10，15，20，30，40，50，200				
	线圈电阻/Ω	1500，1000，500，200，130，80，40					300，27	1500，1000，500，200，130，80，40，22				
	颤振电流(%)	20										
	颤振频率/Hz	100～400										
静态特性	滞环(%)	<3					<6	<4	<3			
	压力增益(%) p_s，1% I_n	>30					>20	>30				
	分辨率(%)	<0.5					<2	<1.5	<0.5			
	非线性度(%)	< ±7					< ±7					
	不对称度(%)	< ±5					< ±10					
	重叠(%)	−2.5～2.5					−2.5～2.5					
	零位静耗流量 /L·min^{-1}	<0.35+4% Q_n	<0.45+4% Q_n	<0.5+3% Q_n	<0.6+3% Q_n	<0.75+3% Q_n	<2	<2% Q_n	<1.33		<1.3	<1+2% Q_n
	零偏(%)	< ±2					可外调					
	压力零漂①(%)	< ±4[供油压力为(60～100)% p_s]					< ±3	< ±2	< ±2④			
	温度零漂②(%)	< ±2③					< ±3③	< ±4④	< ±2③			
动态特性	频率响应 幅频宽(−3dB)/Hz	>200		>160	>110	>60	>10	>50	>80	>80	>30	>15
	频率响应 相频宽(−90°)/Hz	>200		>160	>110	>80	>30	>70	>80	>80	>80	>40
其他	工作介质	MIL-H-5606，MIL-H-6083					石油基液压油(38℃时粘度 10～97mm^2/s)					
	工作温度/℃	−4～135					18～93	−40～135				
	重量/kg	0.19	0.37	0.37	0.50	0.97	1.22	3.5	1.18	1.03	0.9	2.86

生产厂：美国莫格公司(MOOG)。

① 表示供油压力变化，除注明者外均为(80～110)% p_s。

② 表示温度每变化 50℃。

③ 表示温度变化范围 56℃。

④ 表示供油压力变化 7MPa。

6.2.2　双喷嘴挡板力反馈式电液伺服阀（Vickers公司、Dowry公司）（见表22.11-16）

表22.11-16　技术性能

型号		SM4-10	SM4-20	SM4-30	SM4-40	DOWTY 30	DOWTY 31	DOWTY 32	DOWTY 4551 4659	DOWTY 4658
液压特性	额定流量 Q_n /L·min^{-1}	38	76	113	151	7.7	27	54	3.8，9.6，19，38，57	
液压特性	额定供油压力 p_s/MPa	21		14	21	21			7	
液压特性	供油压力范围/MPa	1.4～35		1.4～21	1.4～35	1.5～28			1.5～31.5	1.5～28
电气特性	额定电流 I_n/mA	200，40，100，15				8～80			10，15，40，60，80，200	
电气特性	线圈电阻/Ω	20，80，30，200				2000～30			1000，200，350，80，40，22	
电气特性	颤振电流（%）									
电气特性	颤振频率/Hz									
静态特性	滞环（%）	<2				<3				
静态特性	压力增益（%）p_s，1%I_n	>30				>30			30～80	
静态特性	分辨率（%）	<0.5				<0.5				
静态特性	非线性度（%）	5～10				<±7.5				
静态特性	不对称度（%）	5				<±5			<±10	
静态特性	重叠（%）	±5				～2.5～2.5				
静态特性	零位静耗流量 /L·min^{-1}					0.25+5%Q_n			<1.6③	
静态特性	零偏（%）					<±2			可外调	
静态特性	压力零漂①（%）	<2%				<±2				
静态特性	温度零漂②（%）	<1.5				<±4（工作温度内）			<±2	
动态特性	频率响应 幅频宽（−3dB）/Hz	>70	>40	>25	>25	>200		>160	>70	
动态特性	频率响应 相频率（−90°）/Hz	90	100	40	60	>200		>160	>80	
其他	工作介质	32～48mm^2/s 抗磨液压油				石油基液压油				
其他	工作温度/℃					−54～177			−30～120	
其他	重量/kg	0.68	1.05	1.9	2.8	0.185	0.34	0.34	0.8	1.18

生产厂：DOWTY型英国道蒂公司（Dowty）；SM型美国威格士公司（Vickers）。

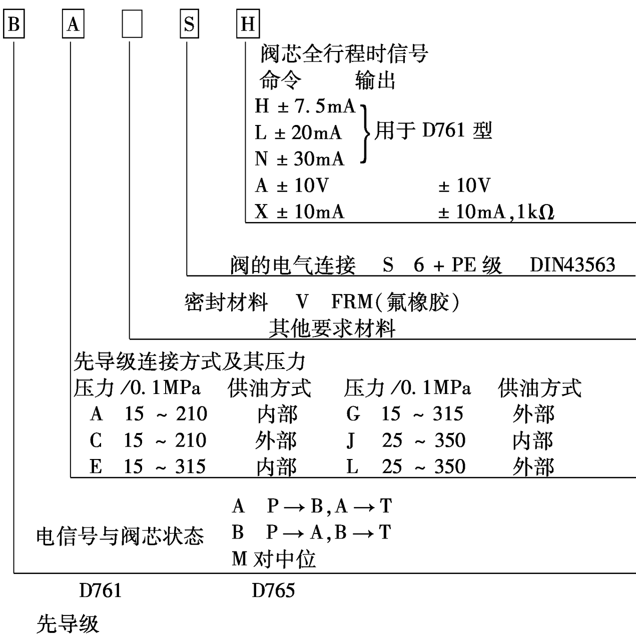
① 表示供油压力变化（80～110）%p_s。

② 表示温度每变化50℃。

③ 表示供油压力为14MPa时的最大内漏。

6.2.3　D76 系列双喷嘴挡板反馈式电液伺服阀(MOOG 公司)

（1）型号意义



F　“S”和“H”型阀的标准响应

G　“S”型阀的高响应　　带机械反馈

（2）技术性能及特性曲线(见表 22.11-17)

表 22.11-17　技术性能及特性曲线

型　号		D761(机械反馈)	D765(电反馈)
液压特性	额定流量 q_{Vn} /L·min^{-1} (Δp=3.5MPa)	3.8, 9.5, 19, 38, 63(标准阀)	4, 10, 19, 38, 63(标准阀)
		3.8, 9.5, 19.38(高响应阀)	4, 10, 19, 38(高响应阀)
	额定供油压力/MPa	21	31.5
	供油压力范围/MPa	31.5	31.5
电气特性	额定电流 I_n/mA	±20～±40(与连接方式有关)	0～±10V, 0～±10mA
	线圈电阻/Ω	40, 80, 160(与连接方式有关)	1kΩ
	颤振电流		
	颤振频率/Hz		
静态特性	滞环(%)	<3	<0.3
	压力增益(%) p_s, 1% I_n		
	分辨率(%)	<0.5	< 0.1
	非线性度(%)		

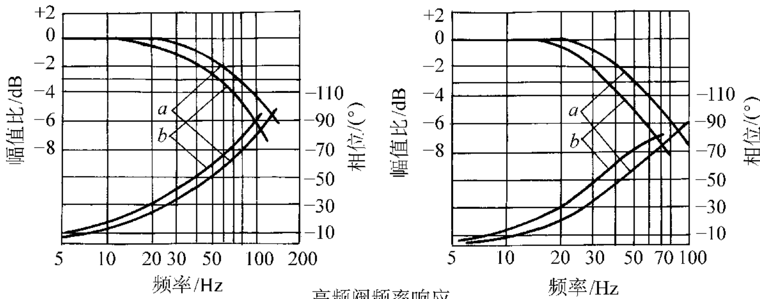
型　号			D761(机械反馈)	D765(电反馈)
静态特性	不对称度(%)			
	重叠(%)			
	零位静耗流量/L·min^{-1}		1.5～2.3	1.5～2.3
	零偏(%)		<2	
	压力零漂(%)		<2(70%～100%系统压力)	
	温度零漂(%) (ΔT=55K)		<2	<1
动态特性	频率响应由特性曲线获得	幅频宽(-3dB)/Hz	标准阀>37	标准阀>46
			高响应阀>60	高响应阀>95
		相频率(-90°)/Hz	标准阀>70	标准阀>90
			高响应阀>150	高响应阀>110
其他	工作介质		符合 DIN51524 矿物油	
	工作温度/℃		-20～80	
	重量/kg		1.0	1.1

（续）

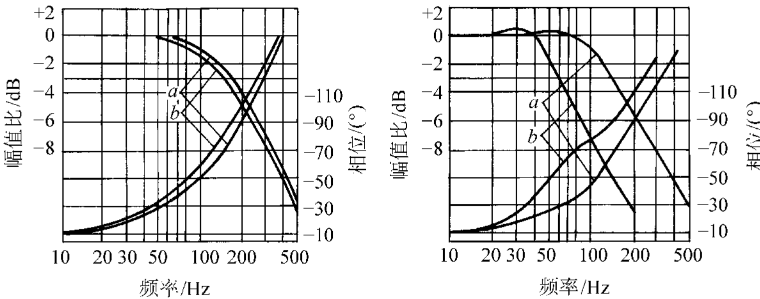
特性曲线

D761 机械反馈

标准阀频率响应

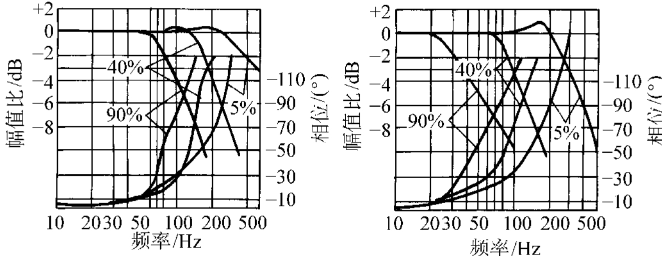


高频阀频率响应

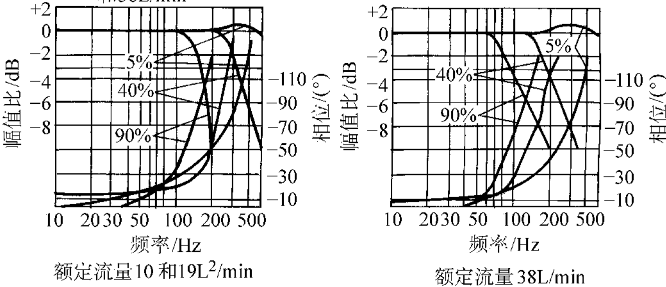


D765 电反馈

标准阀



高响应阀



（3）外形尺寸（见图22.11-51、图22.11-52）

6.2.4　D63系列直动电反馈式伺服阀（MOOG公司）

（1）型号说明

D761 机械反馈

D765 电反馈

ISO10372-04-04-0-92.

Set Screw2 M4×6DIN912

	P	A	T	B	G	X
	φ8.2	φ8.2	φ8.2	φ8.2	φ3.5	φ5
X	22.2	11.1	22.2	33.3	12.3	33.3
Y	21.4	32.5	43.6	32.5	19.8	8.7

	F_1	F_2	F_3	F_4
	M8	M8	M8	M8
X	0	44.4	44.4	0
Y	0	0	65	65

图 22.11-51　D61 外形尺寸

图 22.11-52　D765 外形尺寸

D63 3 E □ □ R 04 K O 1 M 1 N S P 2

系列：
3—规格 03；
4—规格 05

系列说明：
E—前系列说明；
Z—特别说明

设计号，厂家设定

工厂标记，厂家设定

阀类：
R—带集成电气

额定流量 q_{VN}/L · min^{-1}
Δp_N = 3.5，0.5MPa 系列

02	5	2	D633
04	10	4	D633
08	20	8	D633
16	40	16	D633
24	60	24	D634
40	100	40	D634

最大工作压力：
K—35MPa

衬套/阀芯类型：　D—4 位，10% 重叠，线性；
O—4 位，轴线分开，线性；D—2×2 位，P→A，B→T，有单独 Y 口；
A—4 位，1.5% ~3% 重叠，线性；X—其他特别衬套/阀芯要求

1—标准线性马达，系列 D633；2—标准线性马达，系列 D634

电源电压；
2— +24VDC(22 ~28V DC)

阀芯全行程时信号

命令	输出
M ±10VDC	+4 ~ +20mA
P ±10mA	+4 ~ +20mA
S +4 ~20mA	+4 ~ +20mA

按死区的要求补偿

阀的电气连接：
S—6 + PE 极　DIN43563

密封材料：
N—NBR(丁腈橡胶)；
V—FRM(氟橡胶)；
其他要求材料

Y 口：
0—堵住，p_{Tmax} = 5MPa；
1—单独外引，装有过滤器 p_r > 5MPa

失电时阀芯状态：
M—对中位；
A—P→B，A→T(10% 开口)；
B—P→A，B→T(10% 开口)；
其他的要求

（2）技术性能(见表22.11-18)

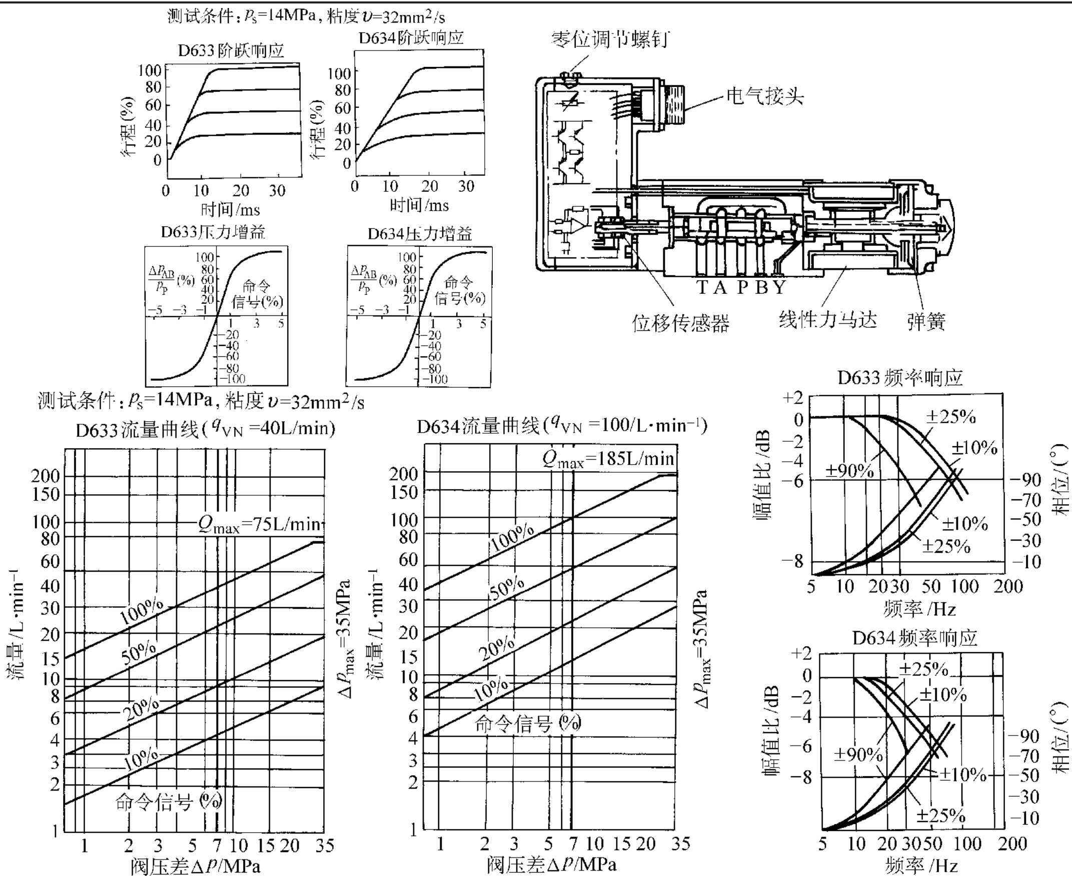
（3）特性曲线及结构(见表22.11-19)。

表22.11-18 技术性能

型号			D633	D634
技术性能	液压特性	额定流量 Q_n /L·min⁻¹ (Δp=3.5MPa)	5，10，20，40，最大75	60，100，最大185
		额定供油压力/MPa	31.5	
		供油压力范围/MPa	~35	
	电气特性	额定电流 I_n/mA	0～±10，4～20	
		线圈电阻/Ω	300～500	
		颤振电流		
		颤振频率/Hz		
	静态特性	滞环(%)	<0.2	<0.2
		压力增益(%)p_a，1%I_n		
		分辨率(%)	<0.1	<0.1
		非线性度(%)		

型号				D633	D634
技术性能	静态特性	不对称度(%)			
		重叠(%)			
		零位静耗流量/L·min⁻¹		0.15，0.3，0.6，1.2	1.2，2.0
		零偏(%)			
		压力零漂(%)			
		温度零漂(%)(ΔT=55K)		<1.5	<1.5
	动态特性	频率响应由特性曲线获得	幅频宽(−3dB)/Hz	标准阀>37	标准阀>46
				高响应阀>60	高响应阀>95
			相频率(−90°)/Hz	标准阀>70	标准阀>90
				高响应阀>150	高响应阀>110
	其他	工作介质		符合DIN51524矿物油，NAS1638-6级	
		工作温度/℃		−20～80	
		重量/kg		2.5	6.3

表22.11-19 特性曲线及结构



生产厂：美国莫格公司(MOOG)

（4）外形尺寸

D633 安装尺寸见图 22. 11-53。

D634 安装尺寸见图 22. 11-54。

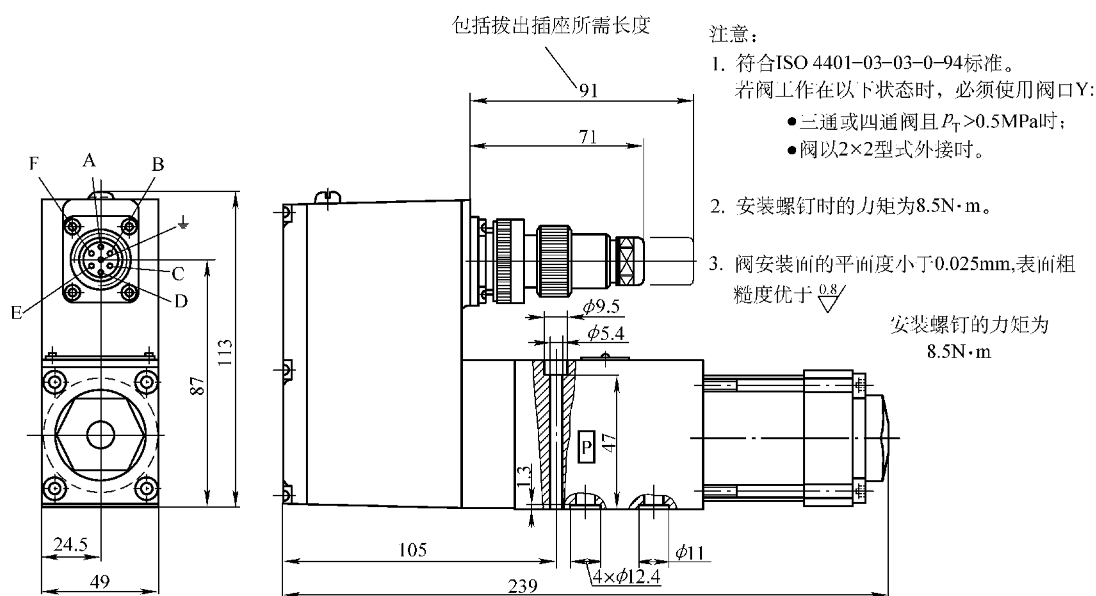


图 22. 11-53　D633 安装尺寸

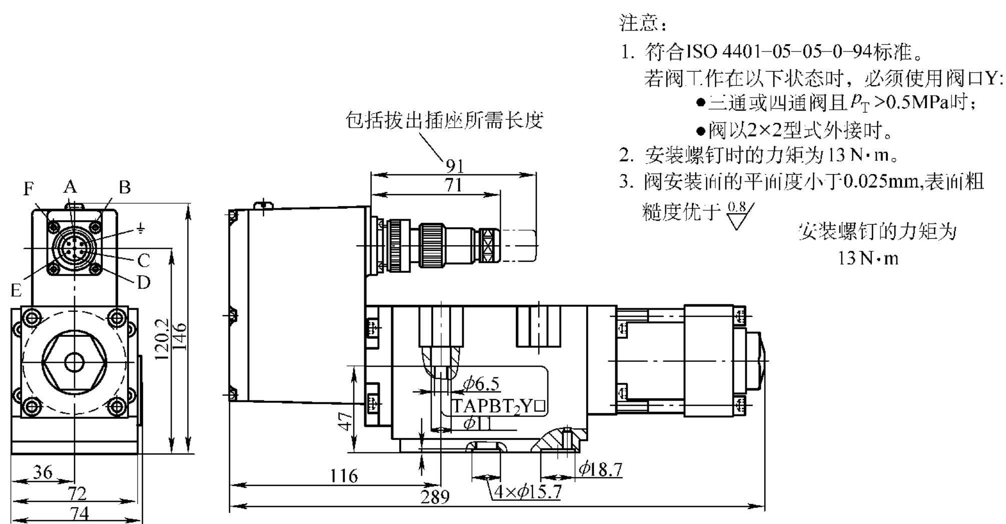


图 22. 11-54　D634 安装尺寸

6. 2. 5　D660 系列伺服阀

型号说明如下：

型号

D661-D665 · ······ ·

铭牌标识

· ·· · · · · · · · · 2 — ·

说明	
-	标准系列产品
E	预制系列产品
K	防爆系列产品
Z	特殊系列产品

型号标识	
	已在出厂时指定

生产厂家标识

功率级阀芯型式			系列号
P	标准阀芯		D661～D665
B	标准阀芯		D661(五通阀)
D	带短轴套阀芯	直径为16mm	D662
L	带短轴套阀芯	直径为19mm	D663 和 D664
K	带短轴套阀芯	直径为35mm	D665

额定流量		
	Q_N/L · min^{-1}(Δp_N=0.5MPa/节流边)	系列号
30	30	D661
60	60	D661
80	80	D661
01	150	D662
02	250	D662
03	350	D663
05	550	D664
10	1000	D665
15	1500	D665

最大工作压力		先导阀
F	21MPa 当 p_X≤21MPa(X 和 Y 口外控)时，P、A、B 和 T 口的工作压力可达35MPa	H
H	28MPa 当 p_X≤28MPa(X 和 Y 口外控)时，P、A、B 和 T 口的工作压力可达35MPa	A/B/J/M
K	35MPa 不以 D630 和 D631 系列为先导阀时	A/B/J
X	特殊压力系列	

功率级阀芯形式	
A	四通：零开口，线性流量增益特性
D	四通：10% 正重叠量，线性流量增益特性
P	四通：P→A，A→T：零开口，折线流量增益特性 P→B：60% 正重叠量，折线流量增益特性 B→T：50% 负重叠量，线性流量增益特性
U	五通：P→A，P_2→B，A→T：零开口，折线流量增益特性(仅 D661 阀)
Y	四通：零开口，折线流量增益特性
Z	2x2 通外接：A→T，B→T_2：零开口，线性流量增益特性
X	按用户要求定制的特殊规格

先导级或先导阀的类型			阀型号
A	D061-8 伺服射流管阀 标准型		D661...P
B	D061-8 伺服射流管阀 大流量型		D661...P　D662...D D663/D664...L
M	D630	二级，MFB	D662/D663/D664...P
H	D631	二级，MFB	D665...P
J	D661 伺服射流管阀	二级，EFB	D665...K

功能代码		插座
O	无使信号输入，C 脚为空脚	S
A	无使能信号时阀芯移至可调节的中位(见第5页)	S
B	无使能信号时阀芯移至终位 A→T 或 B→T(见第5页)	S
E	无使能信号时阀芯移至可调节的中位，可检测阀芯的位置偏差(见第6页)	E
F	无使能信号时阀芯移至终位 A→T 或 B→T，可检测阀芯的位置偏差(见第6页)	E
G	无使能信号时阀芯移至可调节的中位，可检测滑阀芯的位置(见第7页)	E
H	无使能信号时阀芯移至终位 A→T 或 B→T，可检测阀芯的位置(见第7页)	E

供电电源	
2	24VDC　　(18～32VDC)
0	根据要求可提供特殊电源±15V

对应主阀芯100%额定位移的信号			
	指令信号	输出信号	插座
A	±10V	±10V(差动)	E
D	±10V	2～10V(6V 时为中位)	E/S
F	±10V	2.5～13.5V	S
M	±10V	4～20mA	E/S
T	±10V	±10V 带死区补偿(差动)	E
X	±10mA	4～20mA	E/S
Y	根据用户要求提供其他形式		

阀插座			阀供电电源	
E	11+PE	EN175201 的 804 部分	0	2
S	6+PE	EN175201 的 804 部分	—	2

密封件材料		
N	丁腈橡胶	标准型
V	氟橡胶	
	其余特殊材料可根据要求定制	

先导级的控制形式和控制压力			
	供油口 X	回油口 Y	
4	内控	内排	控制电流的大小必须与先导级的控制油压相适应，参见阀铭牌上的工作油压和相关的订货信息。
5	外控	内排	
6	外控	外排	
7	内控	外排	

无电信号或无液压供油时功率级阀芯的位置

O	不定(无故障保险功能)			对所有类型阀		
	机械式故障保险类型					
	位置	p_p 或 p_x 外控/MPa		先导阀的类型		
F	P→B 或 A→T	≥2.5		A、B		
		<0.1		A、B		
D	P→A 或 B→T	≥2.5		A、B		
		<0.1		A、B		
M	中位	≥0.1	<0.1	A、B		
	不定	≥0.1	≥2.5	A、B		
	中位	≥0.1	≥1.5	H、J 和 M(仅 2×2 通外接阀)		
	电控式故障保险类型					
	位置	p_p/MPa	p_x/MPa	WV*	VEL**	先导阀类型
W	中位	≥0.1	≥1.5	断电	通电	所有类型
	不定	≥0.1	<0.1	通电	通电	A、B
	中位	≥0.1	≥1.5	通电	断电	所有类型
S	P→A、B→T	≥0.1	≥1.5	断电	通电	所有类型
	P→A、B→T	≥0.1	≥1.5	通电	断电	所有类型
P	A→T	≥0.1	≥1.5	断电	通电	A、B
	P→B、A→T	<0.1	<0.1	通电	断电	A、B
	(D661 系列仅当先导级外控时)					

WV*：电磁阀

VEL**：阀的电路部分

（1）D661 系列伺服阀

1）技术参数见表 22.11-20。

2）典型特性曲线（见表 22.11-21）：在先导级控制压力或系统压力为 21MPa，油液粘度为 $32mm/s^2$ 和油温为 40℃时测得。

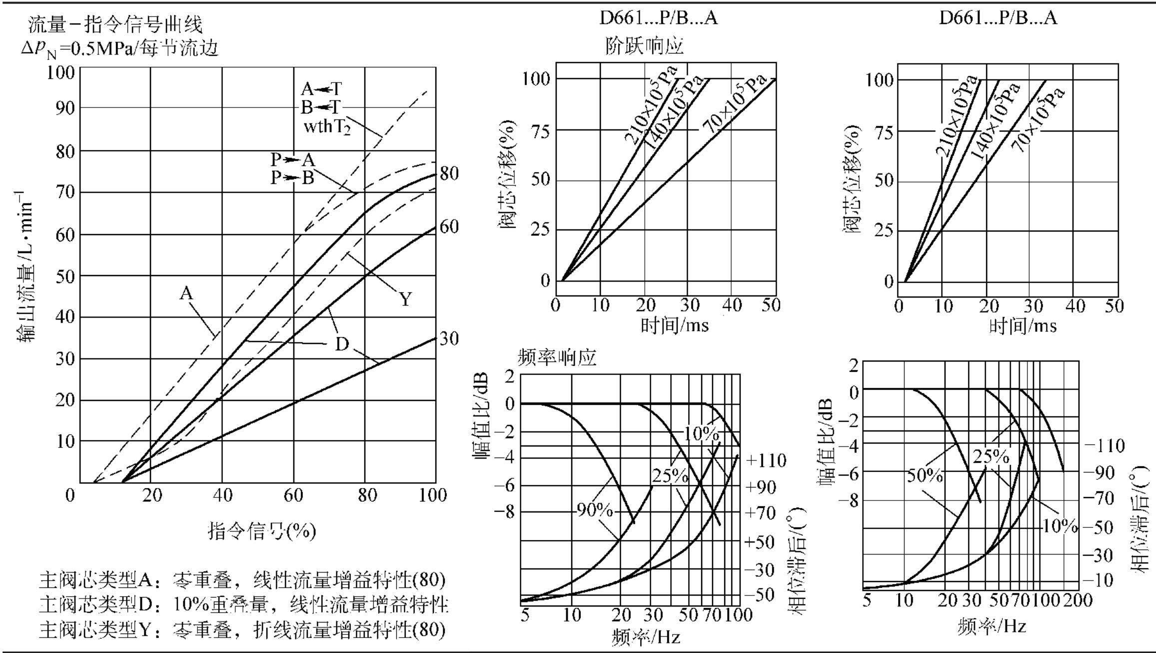
3）安装尺寸见图 22.11-55。

表 22.11-20　技术性能

型号标识		D661-...P/B...A	D661-...P/B...B
安装型式	符合 ISO 标准，多一个 T 口	ISO 4401-05-05-0-94	ISO 4401-05-05-0-94
阀类型		四通、2×2 通外接和五通阀 第二级为标准滑阀	四通、2×2 通外接和五通阀 第二级为标准滑阀
先导级	伺服射流管阀	标准流量	大流量
先导级控制	可选择内控式或外控式	X 口和 Y 口	X 口和 Y 口
重量/kg		5.6	5.6
额定流量/$L \cdot min^{-1}$	Δp_N = 0.5MPa/每一节流边	30/60/80/2×80	30/60/80/2×80
工作压力	最大		
功率级/ MPa	P 口、A 和 B 口（X 口外控）	35	35
	T 口（Y 口内排）	21	21
	T 口（Y 口外排）	35	35
先导级/MPa	标准	28	28
	带降压节流口（根据用户要求）	35	35
响应时间/ms	0～100% 阀芯位移	28	18
分辨率（%）		<0.05	<0.05
滞环（%）		<0.3	<0.3
零漂（%）	ΔT = 55K	<1	<1
零位泄漏量/$L \cdot min^{-1}$	总泄漏量（零重叠）	3.5	4.4
零位泄漏量/$L \cdot min^{-1}$	先导级泄漏流量	1.7	2.6
先导流量/ $L \cdot min^{-1}$	全开口阶跃信号输入下的最大流量	1.7	2.6
主阀芯行程/mm		±3	±3
主阀芯驱动面积/cm^2		2	2

注：在先导级控制压力或系统工作压力为 21MPa，油液粘度为 $32mm^2/s$ 和油液温度为 40℃时测得。

表 22.11-21　典型特性曲线



（mm）

	P	A	B	T	T_2	X	Y	F_1	F_2	F_3	F_4
	ϕ11.5	ϕ11.5	ϕ11.5	ϕ11.5	ϕ11.5	ϕ6.3	ϕ6.3	M6	M6	M6	M6
x	27	16.7	37.3	3.2	50.8	-8	62	0	54	54	0
y	6.3	21.4	21.4	32.5	32.5	11	11	0	0	46	46

图22.11-55 D661系列伺服阀安装尺寸

（2）D662系列伺服阀

1）技术参数见表22.11-22。

2）典型特性曲线（见表22.11-23）：在先导级控制压力或系统压力为21MPa，油液粘度为32mm/s² 和油温为40℃时测得。

表22.11-22 技术性能

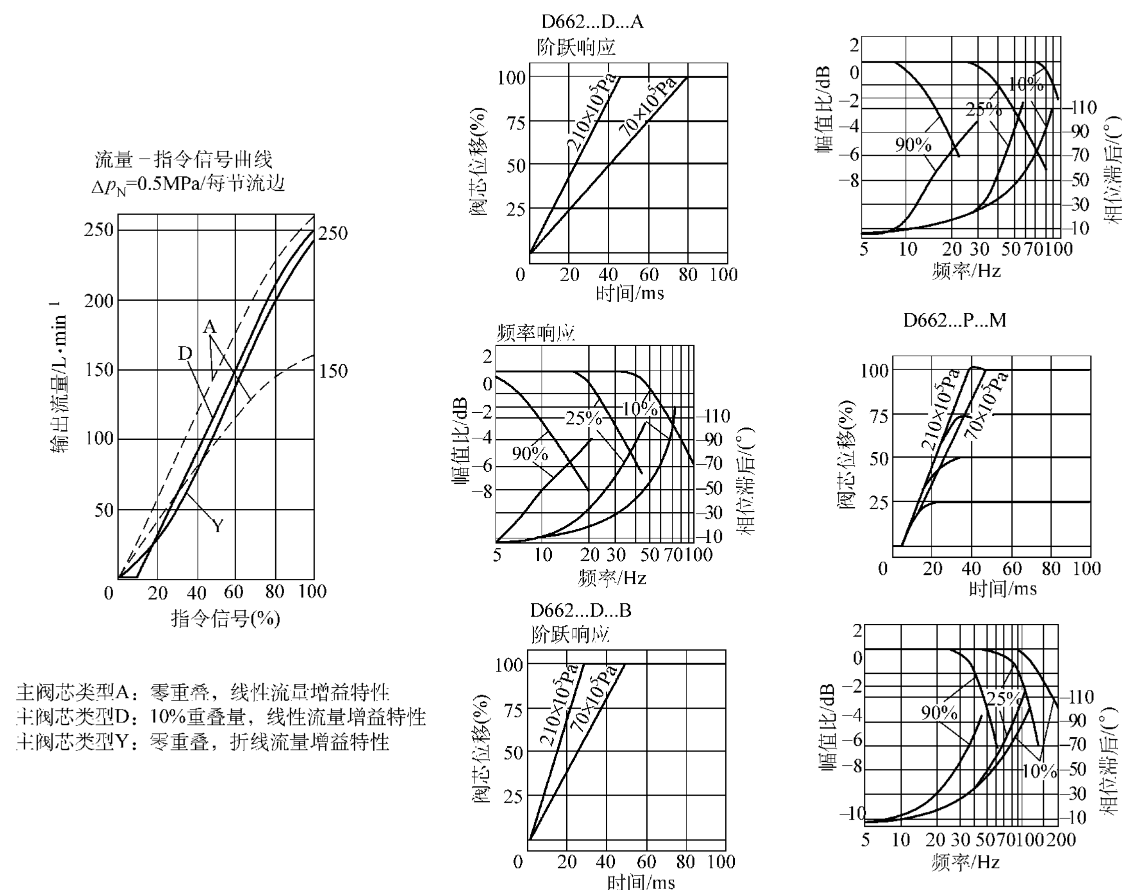
型号标识		D662-...D.A	D662-...D.B	D662-...P.M
安装型式	符合ISO标准，多一个T口	ISO 4401-07-06-0-94	ISO 4401-07-06-0-94	ISO 4401-07-06-0-94
阀类型		四通、2×2通外接阀二级阀，主阀芯带短轴套	四通、2×2通外接阀二级阀，主阀芯带短轴套	四通、2×2通外接阀三级阀，标准主阀芯
先导级		D061系列射流管阀	D061系列射流管阀	D630系列二级伺服阀
先导级控制	可选择内控式或外控式	X口和Y口	X口和Y口	X口和Y口
重量/kg		11	11	11.5
额定流量/L·min^{-1}	Δp_N=0.5MPa/每一节流边	150/250	150/250	150/250
工作压力	最大			

（续）

型 号 标 识		D662-. . . D. A	D662-. . . D. B	D662-. . . P. M
功率级/MPa	P 口、A 和 B 口(X 口外控)	35	35	35
	T 口(Y 口内排)	14	14	21
	T 口(Y 口外排)	35	35	35
先导级/MPa	P、A、B 口标准	28	28	28
	带降压节流口（根据用户要求）	35	35	—
	T 口	14	14	21
响应时间/ms	0～100%阀芯位移	44	28	9
分辨率(%)		<0. 3	<0. 1	<0. 2
滞环(%)		<0. 5	<0. 5	<1. 0
零漂(%)	$\Delta T=55\text{K}$	<1. 0	<1. 0	<1. 5
零位泄漏量/$\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$	总泄漏量(零重叠)	4. 2	5. 1	4. 5
零位泄漏量/$\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$	先导级泄漏流量	1. 7	2. 6	2. 0
先导流量/$\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$	全开口阶跃信号输入下的最大流量	1. 7	2. 6	2. 0
主阀芯行程/mm		±5	±5	±5
主阀芯驱动面积/cm^2		2	2	5

注：在先导级控制压力或系统工作压力为 21MPa、油液粘度为 $32\text{mm}^2/\text{s}$ 和油液温度为 40℃时测得。

表 22. 11-23　典型特性曲线

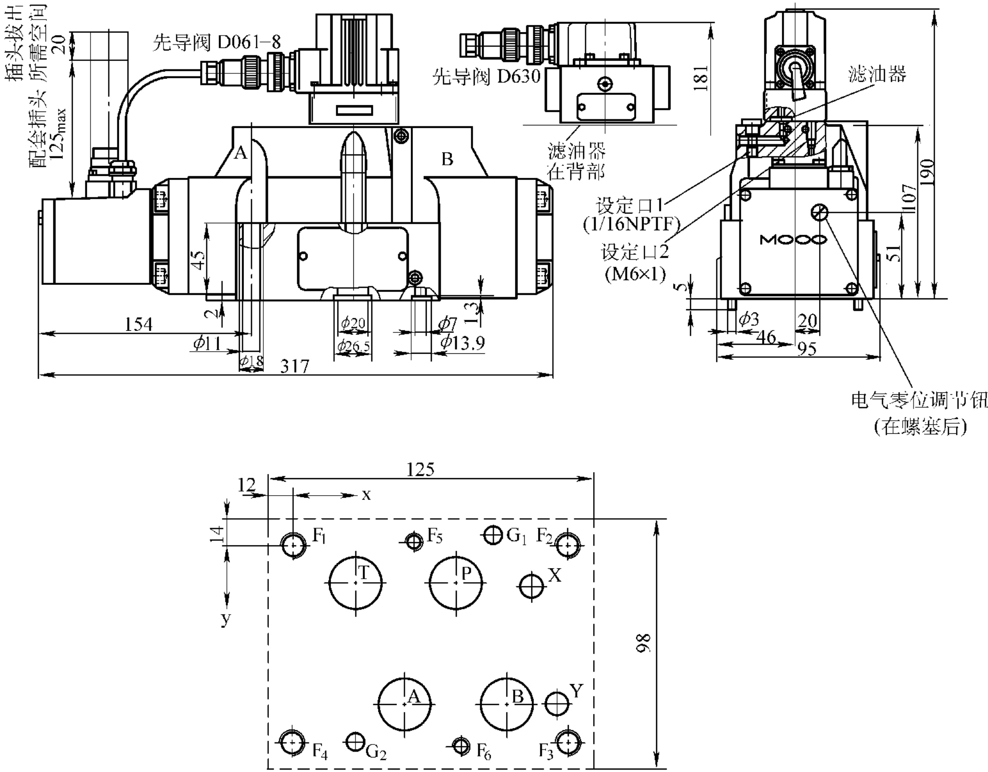


3）安装尺寸见图 22. 11-56。

（3）D663 系列伺服阀

1）技术参数见表 22. 11-24。

2）典型特性曲线（见表 22. 11-25）：在先导级控制压力或系统压力为 21MPa，油液粘度为 32mm/s² 和油温为 40℃时测得。



（mm）

	P	A	T	B	X	Y	G_1	G_2	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
	ϕ20	ϕ20	ϕ20	ϕ20	ϕ6. 3	ϕ6. 3	ϕ4	ϕ4	M10	M10	M10	M10	M6	M6
x	50	34. 1	18. 3	65. 9	76. 6	88. 1	76. 6	18. 3	0	101. 6	101. 6	0	34. 1	50
y	14. 3	55. 6	14. 3	55. 6	15. 9	57. 2	0	69. 9	0	0	69. 9	69. 9	－1. 6	71. 5

图 22. 11-56　D662 系列伺服阀安装尺寸

表 22. 11-24　技术性能

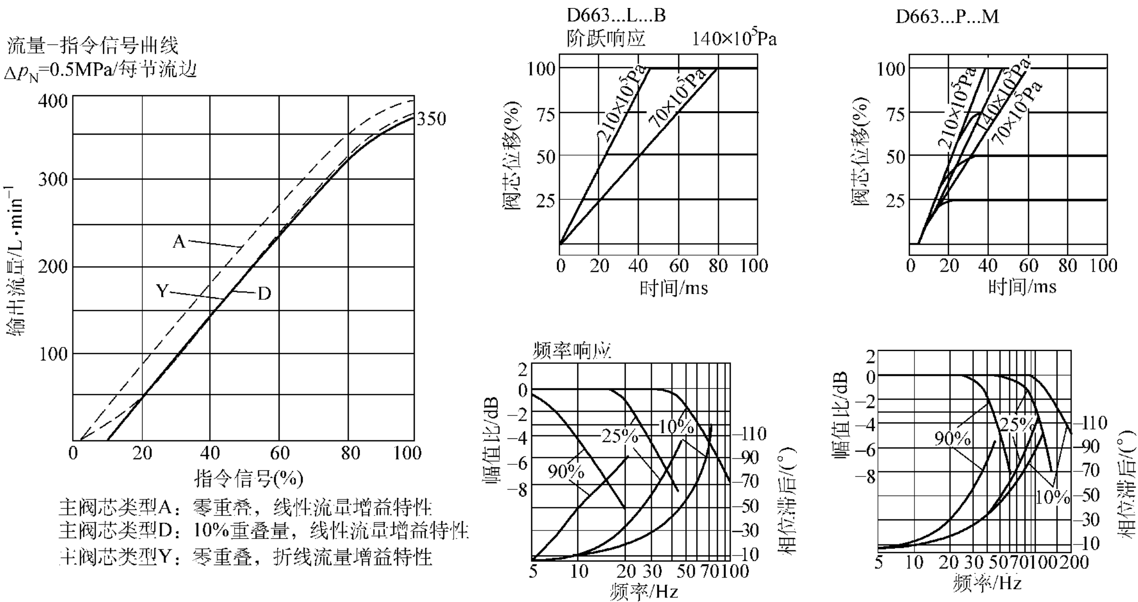
型 号 标 识		D663-. . . L. . . B	D663-. . . P. . . M
安装型式		ISO 4401-08-07-0-94	ISO 4401-08-07-0-94
阀类型		四通、2×2 通外接阀 二级阀，主阀芯带短轴套	四通、2×2 通外接阀 三级阀，标准主阀芯
先导级		D061 系列射流管阀	D630 系列二级伺服阀
先导级控制	可选择内控式或外控式	X 口和 Y 口	X 口和 Y 口
重量/kg		19	19. 5
额定流量/L · min^{-1}	Δp_N ＝0. 5MPa/每一节流边	350	350
工作压力	最大		

（续）

型 号 标 识		D663-. . . L. . . B	D663-. . . P. . . M
功率级/MPa	P 口、A 和 B 口(X 口外控)	35	35
	T 口(Y 口内排)	14	21
	T 口(Y 口外排)	35	35
先导级/MPa	P、A、B 口标准	28	28
	带降压节流口(根据用户要求)	35	—
	T 口	14	21
响应时间/ms	0～100% 阀芯位移	37	13
分辨率(%)		<0. 1	<0. 2
滞环(%)		<0. 5	<1. 0
零漂(%)	$\Delta T=55$K	<1. 0	<1. 5
零位泄漏量/L · min^{-1}	先导级泄漏流量	2. 6	2. 0
先导流量/L · min^{-1}	全开口阶跃信号输入下的最大流量	2. 6	30
主阀芯行程/mm		±4. 5	±4. 5
主阀芯驱动面积/cm^2		2. 8	11. 4

注：在先导级控制压力或系统工作压力为 21MPa、油液粘度为 32mm^2/s 和油液温度为 40℃时测得。

表 22. 11-25　典型特性曲线



3）安装尺寸见图 22. 11-57。

（4）D664 系列伺服阀

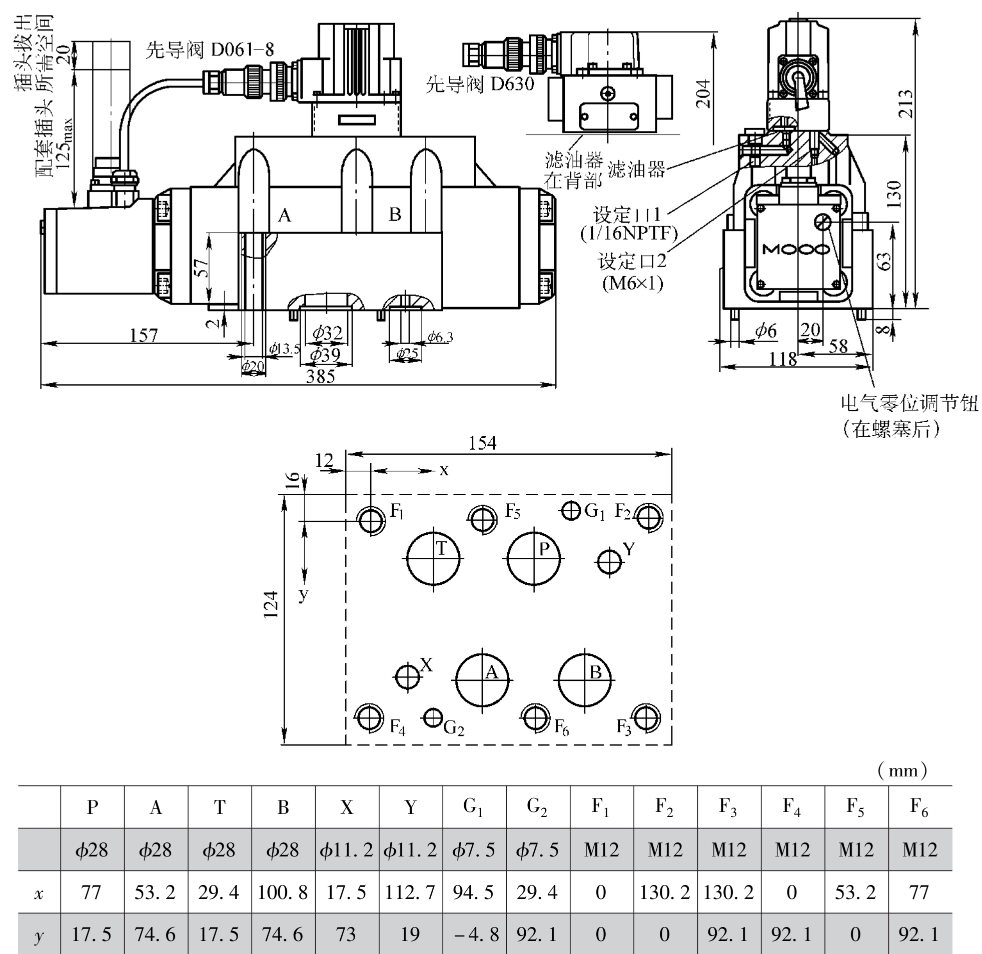
1）技术参数见表 22. 11-26。

2）典型特性曲线(见表 22. 11-27)：在先导级控制压力或系统压力为 21MPa，油液粘度为 32mm/s^2 和油温为 40℃时测得。

3）安装尺寸见图 22. 11-58。

（5）D665 系列伺服阀

1）技术参数见表 22. 11-28。



（mm）

	P	A	T	B	X	Y	G_1	G_2	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
	ϕ28	ϕ28	ϕ28	ϕ28	ϕ11. 2	ϕ11. 2	ϕ7. 5	ϕ7. 5	M12	M12	M12	M12	M12	M12
x	77	53. 2	29. 4	100. 8	17. 5	112. 7	94. 5	29. 4	0	130. 2	130. 2	0	53. 2	77
y	17. 5	74. 6	17. 5	74. 6	73	19	－4. 8	92. 1	0	0	92. 1	92. 1	0	92. 1

图 22. 11-57　D663 系列伺服阀安装尺寸

表 22. 11-26　技术性能

<table>
<tr><td colspan="3">型 号 标 识</td><td>D664-. . . L. . . B</td><td>D664-. . . P. . . M</td></tr>
<tr><td colspan="3">安装型式</td><td>ISO 4401-08-07-0-94</td><td>ISO 4401-08-07-0-94</td></tr>
<tr><td colspan="3">阀类型</td><td>四通、2×2 通外接阀
二级阀、主阀芯带短轴套</td><td>四通、2×2 通外接阀
三级阀、标准主阀芯</td></tr>
<tr><td colspan="3">先导级</td><td>D061 系列伺服射流管</td><td>D630 系列二级伺服阀</td></tr>
<tr><td colspan="3">先导控制级(可选择内控式或外控式)</td><td>X 口和 Y 口</td><td>X 口和 Y 口</td></tr>
<tr><td colspan="3">重量/kg</td><td>19</td><td>19. 5</td></tr>
<tr><td colspan="3">额度流量/L・min^{-1}(Δp_N=0. 5MPa/每一节流边)</td><td>550</td><td>550</td></tr>
<tr><td rowspan="6">工作压力(最大)/MPa</td><td rowspan="3">功率级</td><td>先导级由 X 口外控时 P、A 和 B 口</td><td>35</td><td>35</td></tr>
<tr><td rowspan="2">先导级由 Y 口外控时 P 口</td><td>14</td><td>21</td></tr>
<tr><td>35</td><td>35</td></tr>
<tr><td rowspan="3">先导级</td><td>P、A、B 口标准</td><td>28</td><td>28</td></tr>
<tr><td>带降压节流器口(根据用户要求)</td><td>35</td><td>—</td></tr>
<tr><td>T 口</td><td>14</td><td>21</td></tr>
<tr><td colspan="3">响应时间/ms(0～100%阀芯位移)</td><td>48</td><td>17</td></tr>
</table>

（续）

分辨率(%)		<0.1	<0.2
滞环(%)		<0.5	<1.0
零漂(%)	$\Delta T=55K$	<1.0	<1.5
零位泄漏量/$L\cdot min^{-1}$	总泄漏量(零重叠)	5.6	5.0
零位泄漏量/$L\cdot min^{-1}$	先导级泄漏量	2.6	2.0
先导流量/$L\cdot min^{-1}$	全开口阶跃信号输入下的最大流量	2.6	30
主阀芯的行程/mm		±6	±6
主阀芯的驱动面积/cm^2		2.8	11.4

注：在先导级控制压力或系统工作压力为 21MPa、油液粘度为 32mm^2/s 和油液温度为 40℃时测得。

表 22.11-27　典型特性曲线

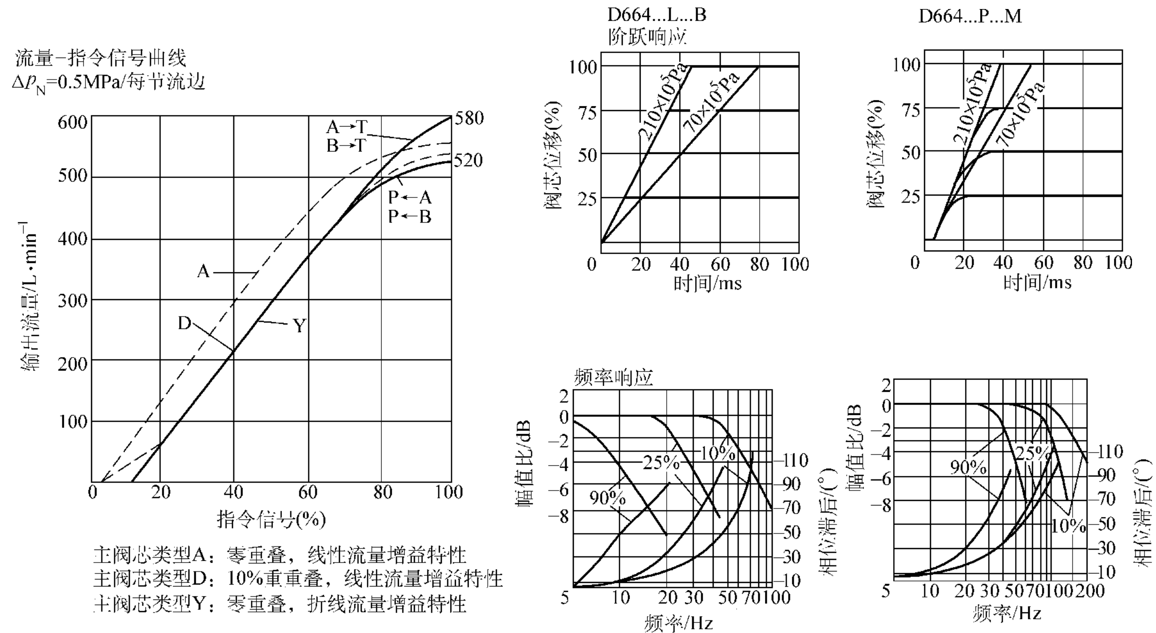


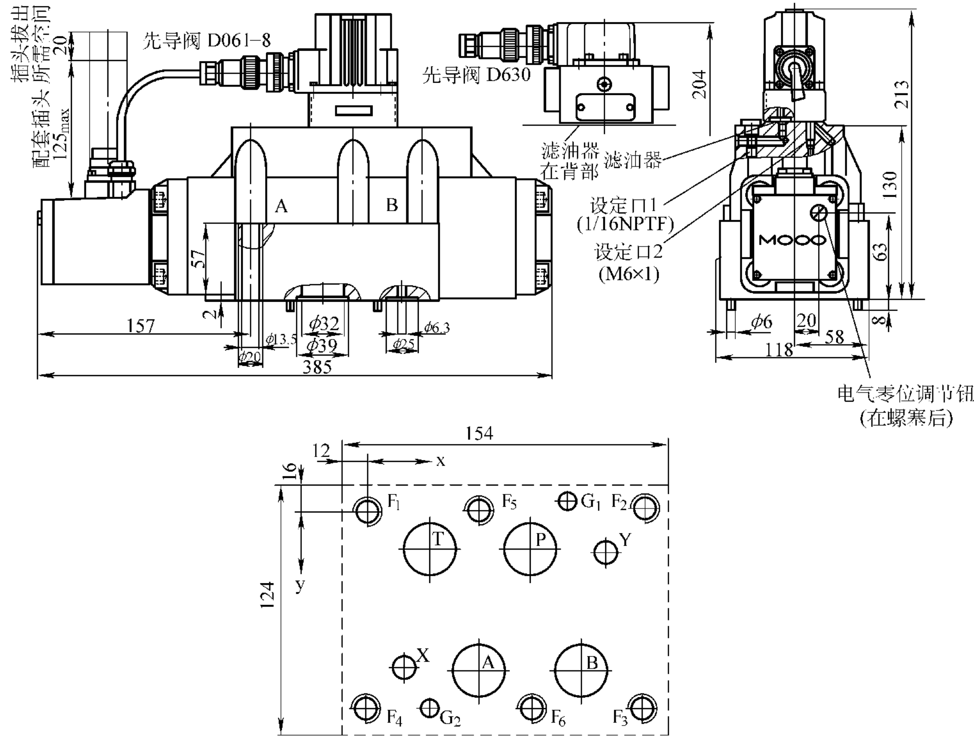
表 22.11-28　技术性能

型号标识	D665-...P...H		D665-...K...J	
安装型式	ISO 4401-10-08-0-94		ISO 4401-10-08-0-94	
阀类型	四通、2×2 通外接阀 三级阀、标准阀芯		四通、2×2 通外接阀 三级阀、主阀短轴套	
先导级	D631 系列二级伺服阀		D661 系列伺服射流管二级伺服阀	
先导控制级	可选择内控和外控		只有外控、外排方式	
重量/kg	70		73.5	
额度流量/$L\cdot min^{-1}$(0.5MPa/每一节流边)	1000	1500	1000	1500

（续）

工作压力（最大）/MPa	功率级	先导级由 X 口外控时 P、A 和 B 口	35		35	
		先导级由 Y 口外控时 P 口	10		10	
			35		35	
	先导级	P、A、B 口标准	21		21	
		带降压节流器口（根据用户要求）	28		35	
		T 口	10		21	
响应时间/ms（0～100% 阀芯位移）			<30	<35	<10	<12
分辨率（%）			<0.3	<0.2	<0.3	<0.2
滞环（%）			<0.1	<0.7	<0.1	<0.7
零漂（%）		$\Delta T = 55K$	2.5	1.5	<2.5	<1.5
零位泄漏量/$L \cdot min^{-1}$		总泄漏量（零重叠）	10.5		11	
零位泄漏量/$L \cdot min^{-1}$		先导级泄漏量	3.5		4	
先导流量/$L \cdot min^{-1}$		全开口阶跃信号输入下的最大流量	45	55	40	50
主阀芯的行程/mm			±5.5	±8	±5.5	±8
主阀芯的驱动面积/cm^2			33.2		9.6	

注：在先导级控制压力或系统工作压力为 21MPa、油液粘度为 32mm^2/s 和油液温度为 40℃时测得。



（mm）

	P	A	T	B	X	Y	G_1	G_2	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
	φ32	φ32	φ32	φ32	φ11.2	φ11.2	φ7.5	φ7.5	M12	M12	M12	M12	M12	M12
x	77	53.2	29.4	100.8	17.5	112.7	94.5	29.4	0	130.2	130.2	0	53.2	77
y	17.5	74.6	17.5	74.6	73	19	-4.8	92.1	0	0	92.1	92.1	0	92.1

图 22.11-58　D664 系列伺服阀安装尺寸

2）典型特性曲线(见表 22.11-29)：在先导级控制压力或系统压力为 21MPa，油液粘度为 32mm/s² 和油温为 40℃时测得。

3）安装尺寸见图 22.11-59。

表 22.11-29　典型特性曲线

主阀芯类型A：零重叠，线性流量增益特性
主阀芯类型D：10%重叠量，线性流量增益特性
主阀芯类型Y：零重叠，折线流量增益特性

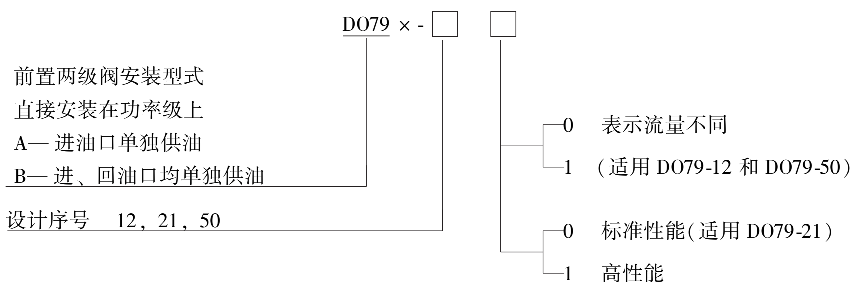
（mm）

	P	A	T	B	X	Y	G_1	G_2	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
	$\phi50$	$\phi50$	$\phi50$	$\phi50$	$\phi11.2$	$\phi11.2$	$\phi7.5$	$\phi7.5$	M20	M20	M20	M20	M20	M20
x	114.3	82.5	41.3	147.6	41.3	168.3	147.6*	41.3	0	190.5	190.5	0	76.2	114.3
y	35	123.8	35	123.8	130.2	44.5	0	158.8	0	0	158.8	158.8	0	158.8

图 22.11-59　D665 系列伺服阀安装尺寸

6.2.6　DO79 系列电反馈三级伺服阀(MOOG 公司)

(1) 型号说明



(2) 技术性能(见表 22.11-30)

表 22.11-30　技术性能

型号		DO79-120	DO79-121	DO79-210	DO79-211	DO79-500	DO79-501
液压特性	额定流量 q_{VN} /L·min^{-1} (Δp=3.5MPa)	113	227	756	756	1600	2800
	额定供油压力 p_s/MPa	21					
	供油压力范围/MPa	7~35			7~28		
电气特性	额定电流 I_n/mA	40		15	40	40	40
	线圈电阻/Ω	80		200	80	80	80
	颤振电流(%)						
	颤振频率/Hz						
静态特性	滞环(%)	<1		<1	<0.5	<0.6	
	压力增益(%) p_s，1% I_n	6~8		20~79	20~79	4~12	
	分辨率(%)	<0.5		<0.5	<0.25	<0.3	
	非线性度(%)						

型号			DO79-120	DO79-121	DO79-210	DO79-211	DO79-500	DO79-501
静态特性	不对称度(%)		< ±5					
	重叠				±0.03mm		±0.076mm	
	零位静耗流量① /L·min^{-1}		<3	<6	<9.5	<9.5	<64	
	零偏(%)		可外调					
	压力零漂②(%)		< ±2		< ±2	< ±1	< ±1.5	< ±0.7
	温度零漂③(%)		< ±2.5		< ±2	< ±1	< ±1.5	< ±0.7
动态特性	频率响应据特性曲线获得	幅频宽(-3dB)/Hz	>90		>50	>60	>48	>28
		相频率(-90°)/Hz	>70		>40	>55	>46	>34
其他	工作介质		石油基液压油(38℃时粘度 10~97mm²/s)					
	工作温度/℃		-20~80				-10~80	
	重量/kg		11		16		54	

生产厂：美国莫格公司。

① 表示阀的压降为 7MPa。

② 表示供油压力变化 3.5MPa。

③ 表示温度每变化 50℃。

6.2.7　D791 和 D792 系列电反馈三级伺服阀(MOOG 公司)

(1) 型号说明

(2) 技术参数(见表 22.11-31)

(3) 特性曲线(见表 22.11-32)

(4) 安装尺寸(见图 22.11-60)

D791，D792E □ □ S 10 J 0 Q M F U S A 0

系列说明：
E—前系列说明；
Z—特别说明

设计号，厂家设定

工厂标记，厂家设定

阀类：S—三级伺服阀

额定流量 q_{VN}/L · min^{-1}（$\Delta p_N = 3.5$MPa）

	10	16	25	40	63	80	99
q_{VN}	100	160	250	400	630	800	1000
系列	D791	D791	D791	D792	D792	D792	D792

最大工作压力：J—31.5MPa；K—35MPa；当 X 和 Y 口为外接时，P、A、B 和 T 口可达 35MPa

主阀芯类型：0—4 位，轴线分开，线性

先导阀：P—D761，标准型，Q—D761，高响应型：R—D765，高响应型：S—D765，标准型

失电时阀芯状态：M—对中位；A—P→B，A→T（10% 开口）；B—P→A，B→T（10% 开口）；其他的要求

电源电压：
0— ±15VDC ±3%，波纹 <50mV

阀芯全行程时信号：

	命令	输出
A	±10VDC	±10VDC
B	±10mA	±10mA
P	±10mA	4～20mA

阀的电气连接：S—6 + PE 极　DIN43563

U—FPM，PUR 仅适用 D791；
V—FRM（氟橡胶）仅适用 D792
密封材料；其他要求材料

先导级连接方式及其压力：

	压力/0.1MPa	进油 X	回油 Y
E	15～315	内部	内部
F	15～315	外部	外部
G	15～315	外部	外部
H	15～315	内部	外部
J	25～350	内部	内部
K	25～350	外部	外部
L	25～350	外部	内部
M	25～350	内部	外部

表 22.11-31　技术性能

型　号		D791	D792
液压特性	额定流量 Q_n /L · min^{-1}（$\Delta p = 3.5$MPa）	100，160，250	400，630，800，1000
液压特性	额定供油压力/MPa	31.5	
液压特性	供油压力范围/MPa	-31.5	
电气特性	额定电流 I_n/mA	（0～10）/（4～20）	
电气特性	线圈电阻/kΩ	10	
静态特性	滞环（%）	<0.5	
静态特性	压力增益（%）p_s，1% I_n		
静态特性	分辨率（%）	<0.2	
静态特性	非线性度（%）		

型　号			D791				D792		
静态特性	不对称度（%）								
静态特性	重叠（%）								
静态特性	零位静耗流量 /L · min^{-1}		5	7	10	10	14	14	14
静态特性	零偏（%）								
静态特性	压力零漂（%）								
静态特性	温度零漂（%）（$\Delta T = 55$K）		<2						
动态特性	频率响应据特性曲线获得	幅频宽（-3dB）/Hz	>80	>80	>65	>120	>80	>80	
动态特性	频率响应据特性曲线获得	相频宽（-90°）/Hz	>80	>110	>60	>110	>80	>65	
其他	工作介质		符合 DIN51524 矿物油						
其他	工作温度/℃		-20～80						
其他	重量/kg		13				17		

表 22.11-32　典型特性曲线

D791型
流量特性

流量 q_V/L·min^{-1}
250L/min
160L/min
100L/min
压差 Δp/MPa

D792 型
流量特性

流量 q_V/L·min^{-1}
1000L/min
800L/min
630L/min
400L/min
压差 Δp/MPa

频率响应特性（D791）

幅值比/dB　相位/(°)　频率/Hz
额定流量100/160L/min
先导阀 D761标准10L/min

额定流量100/160L/min
先导阀 D765HR 10L/min

流量250L/min
先导阀D761HR20L/min

流量250L/min
先导阀D761标准10L/min

频率响应特性（D792）

幅值比/dB　相位/(°)　频率/Hz
流量400L/min
先导阀D761 HR20L/min

流量630L/min
先导阀D765HR 20L/min

流量800L/min
先导阀D761HR 20L/min

流量800L/min
先导阀D765HR 20L/min

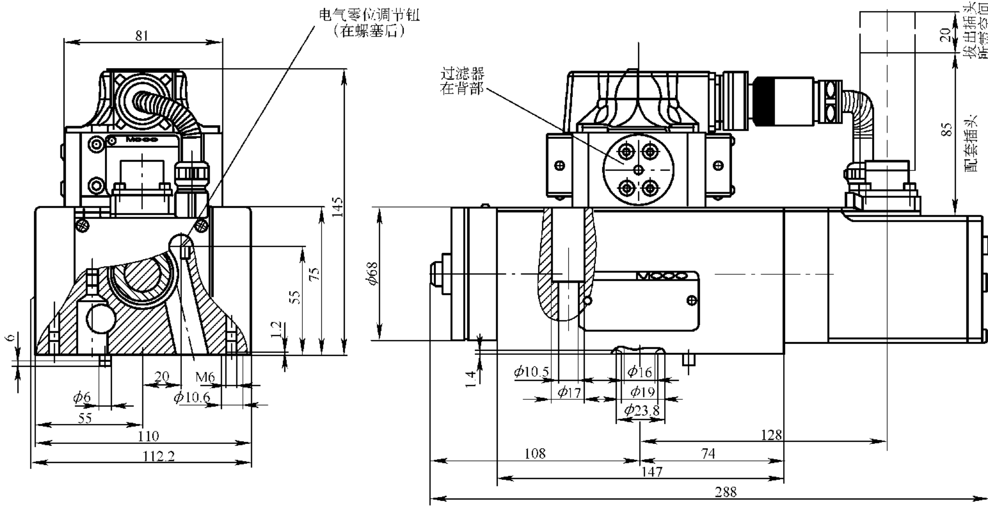
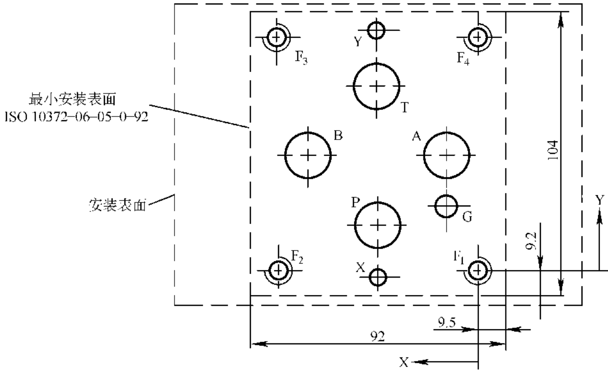


图 22.11-60　D791 和 D792 系列电反馈三级伺服阀安装尺寸



（mm）

	P	A	B	T	G	X	Y	F_1	F_2	F_3	F_4
	$\phi16$	$\phi16$	$\phi16$	$\phi16$	$\phi8$	$\phi6$	$\phi6$	M10	M10	M10	M10
x	36. 5	11. 1	61. 9	36. 5	11. 1	36. 5	36. 5	0	73	73	0
y	17. 4	42. 8	42. 8	68. 2	23. 7	－2. 6	88. 2	0	0	85. 6	85. 6

图 22. 11-60　D791 和 D792 系列电反馈三级伺服阀安装尺寸(续)

7　伺服液压缸产品简介

7. 1　US 系列伺服液压缸(天津优瑞纳斯公司)

（1）型号说明

US……　□　□

带磁致传感器 US 系列伺服液压缸
优瑞纳斯　系列液压缸尺寸标注

传感器型号	内置整体式	LH
	内置分体式	LD
	外置滑块式	LS

输出方式	模拟	4 ~20mA 电流	A
		0 ~10V 电压	V
	数字	PWM	P
		RS422	R

（2）结构型式及特点(见表 22. 11-33)

（3）传感器技术参数(见表 22. 11-34)

表 22. 11-33　结构型式及特点

型　号	LD 型传感器	LH 型传感器	LS 型传感器
结构型式	≤52　≤100　65×65　LD传感器电子盒	LH传感器电子盒　≤ϕ52　65~75　70~110	47　有效行程　1.5　51.78　40.32　13.9　死区　球头:M5　23.1

（续）

特点	适用于尾部耳环式液压缸，缸体外增加一个65mm×65mm×52mm的电子盒。传感器维修、更换不方便		适用于缸底耳环以外任何型式的液压缸。将在缸尾部增加一个直径约为52mm，长约72mm的电子盒。传感器维修、安装、更换方便	适用于所有安装结构的液压缸。传感器的安装、维修、更换方便。传感器的拉杆需带防转装置
传感器接线	输出型式	LH、LD、LS型传感器模拟输出	LH、LD、LS型传感器数字输出	
	红或棕色	+24VDC电源输入	24VDC电源输入	
	白色	0VDC电源输入	0VDC电源输入	
	灰或橙色	4～20mA或0～10V信号输出	PWM输出(－)，RS422停止(－)	
	粉或蓝色	4～20mA或0～10V信号回路	PWM输出(＋)，RS422停止(＋)	
	黄色		PWM询问脉冲(＋)，RS422开始(＋)	
	绿色		PWM询问脉冲(－)，RS422开始(－)	
		金属屏蔽网接地防止信号受干扰	金属屏蔽网接地防止信号受干扰	

表22.11-34 传感器技术参数

类　　型	LH	LD	LS
输出型式	模拟输出或数字输出均可		
测量数据	位置		
输 出 型 式	模 拟 输 出	数 字 输 出	
测量范围	最小25mm，最长十几米；LS型模拟：25～2540mm；LS型数字：25～3650mm		
分辨率	无限(取决于控制器D/A与电源波动)	一般为0.1mm(最高达0.005mm,需加配MK292界面卡)	
非线性度	满量程的±0.02%或±0.05%(以较高者为准)		
滞后	＜0.02mm		
位置输出	0～10V 4～20mA	开始/停止脉冲(RS422标准) PWM脉宽调制	
类　　型	LH	LD	LS
耗电量	120mA	100mA；LS型模拟/数字均为100mA	
工作温度	电子头：－40～70℃(LH)；－40～80℃(LD) 敏感元件：－40～105℃		
温度系数	$<15\times10^{-6}$/℃		
可调范围	5%可调零点及满量程		
更新时间	一般≤3ms	最快每秒1000次(按量程而变化) 最慢＝[量程(in)＋3]×9.1μs	
工作压力	静态：34.5MPa(5000psi)；峰值：69MPa(10000Mpsi)；LS型无此项		
外壳	耐压不锈钢；LS型为铝合金外壳，防尘、防污、防洒水，符合美国IP67标准		
输送电缆	带屏蔽七芯2m长电缆		

7.2 伺服液压缸(海特公司)

(1) 型号说明

(2) 传感器技术参数(见表22.11-35)

(3) 结构形式及外形尺寸(见表22.11-36)

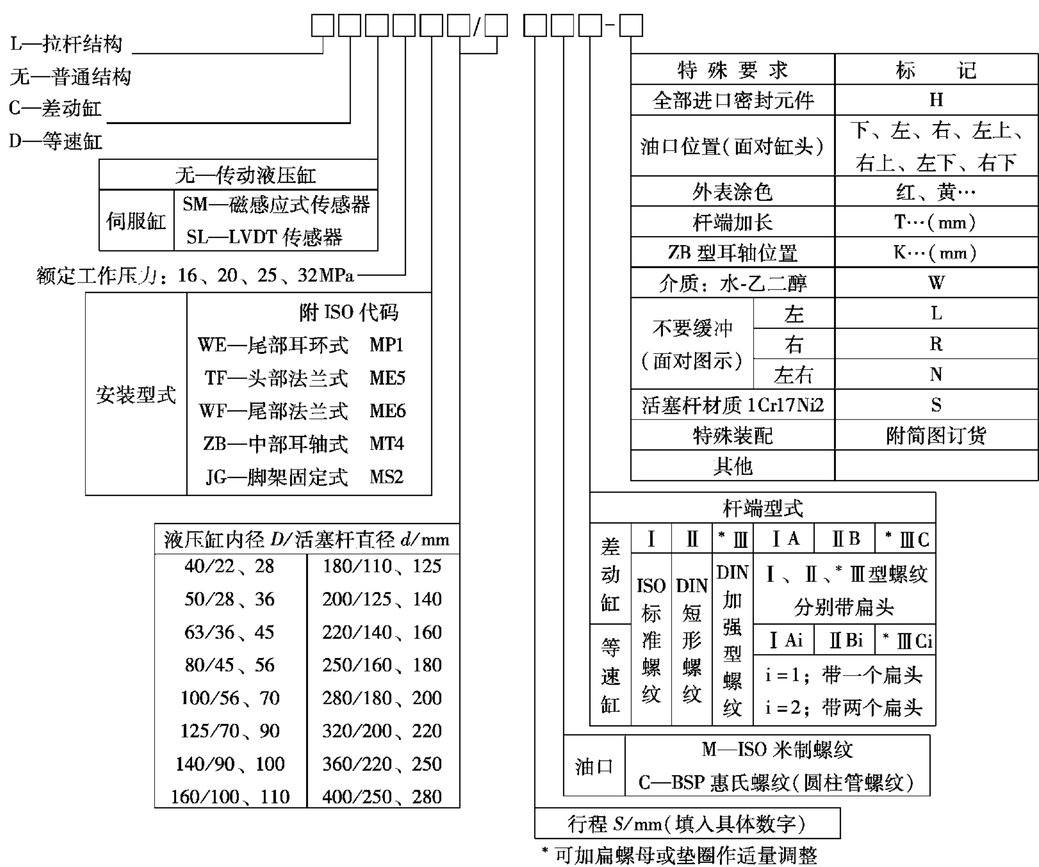


表 22.11-35　传感器技术参数

输出型式	模拟输出或数字输出均可	
测量数据	位置	
输出型式	模 拟 输 出	数 字 输 出
测量范围	最小 25mm，最长十几米；LS 型模拟：25 ~ 2540mm；LS 型数字：25 ~ 3650mm	
分辨率	无限(取决于控制器 D/A 与电源波动)	一般为 0.1mm(最高达 0.005mm,需加配 MK292 界面卡)
非线性度	满量程的 ±0.02% 或 ±0.05%(以较高者为准)	
滞后	<0.02mm	
位置输出	0 ~ 10V 4 ~ 20mA	开始/停止脉冲(RS422 标准) PWM 脉宽调制
供应电源	+24V DC ±10%	
输出型式	模拟输出或数字输出均可	
测量数据	位置	
耗电量	120mA	100mA；LS 型模拟/数字均为 100mA
工作温度	电子头：-40 ~ 70℃(LH)；-40 ~ 80℃(LD) 敏感元件：-40 ~ 105℃	
温度系数	$<15\times10^{-6}$/℃	
可调范围	5% 可调零点及满量程	
更新时间	一般≤3ms	最快每秒 10000 次(按量程而变化) 最慢 = [量程(in) + 3] × 9.1μm
工作压力	静态：34.5MPa(5000psi)；峰值：69MPa(10000psi)；LS 型无此项	
外壳	耐压不锈钢；LS 型为铝合金外壳，防尘、防污、防洒水，符合美国 IP67 标准	
输送电缆	带屏蔽七芯 2m 长电缆	

表 22.11-36　结构形式及外形尺寸　（mm）

结构型式	一体化结构	传感器外置	传感器内置							
外形尺寸	D		40	50	63	80	100	125	160	180	200
	d		22/28	28/36	36/45	45/56	56/70	70/90	100/110	110/125	125/140
	L(缓冲长度)		20	20	25	30	35	50	55	65	70
	D_1	Ⅰ型	M16×1.5	M22×1.5	M30×2	M36×2	M48×2	M56×2	M80×3	M100×3	M110×3
		Ⅱ型	M16×1.5	M22×1.5	M28×1.5	M35×1.5	M45×1.5	M58×1.5	M80×2	M100×2	M110×2
		Ⅲ型	M18×2	M24×2	M30×2	M39×3	M50×3	M64×3	M90×3	M100×3	M110×4
	D_2		50	64	75	95	115	135	180	200	215
	D_3		80	100	120	140	170	205	265	290	315
	D_4	米制	M18×1.5	M22×1.5	M27×2	M27×2	M33×2	M42×2	M42×2	M50×2	M50×2
		英制	$C^3/_8$	$C^1/_2$	$C^3/_4$	$C^3/_4$	C1	$C1^1/_4$	$C1^1/_4$	$C1^1/_2$	$C1^1/_2$
	D_6		90	110	130	145	175	210	275	300	320
	D_7		108	130	155	170	205	245	325	360	375
	D_8		130	160	185	200	245	295	385	420	445
	D_9		9.5	11.5	14	14	18	22	26	26	33
	L_1		226	234	262	275	325	382	475	515	540
	L_2	Ⅰ型	22	30	40	50	63	75	95	112	112
		Ⅱ型	16	22	28	35	45	58	80	100	110
		Ⅲ型	30	35	45	55	75	95	120	140	150
	L_3		76	80	89.5	87.5	112.5	129.5	160	175	180
	L_4		54	58	67	65	85	97	120	130	135
	L_5		17	20	20	20	30	30	35	35	40
	L_6		32	32	27.5	37.5	32.5	37.5	50	50	50
	L_9		5	5	5	5	5	5	10	10	10
	D		40	50	63	80	100	125	160	180	200
	L_{10}		30	30	35	35	45	50	60	70	75
	L_{11}		19	23	27	25	35	42	50	50	50
	L_{12}		5	5	5	5	5	5	10	10	10
	θ		30°	30°	30°	30°	30°	30°	45°	45°	45°
	n		6	6	6	6	6	6	8	8	8
	h		10	12.5	15	15	20	25	30	30	37.5

注：位移传感器内置式和一体化结构的部分尺寸未列出，不在表中的尺寸请咨询。

7.3　伺服液压缸(Rexroth)力士乐公司

(1) 型号说明

CGS 280 □ □ / □ - □ T 1X / □ □ □ □ □ □

CGS 伺服缸，双伸杆

额定压力：28MPa

安装型式：
B—底部耳环；
C—前端法兰；
D—底部法兰；
E—中间耳轴；

公称推力/kN	杆径/mm	缸径/mm
10	50	55
16	50	57
25	50	61
40	50 80	66 91
63	50 80 100	74 97 114
100	80 100 125	106 133 143
160	80 100 125	118 133 152
250	100 125 160	148 166 194
400	125 160	186 211
600	160 200	235 264
1000	200	295

行程：
500—行程为 500mm

杆端轴承
T—球轴承

系列：
1X—10 至 19 外部结构不变

规格(辅板或带伺服阀块安装)；
06-6；10-10；16-16；25-25；32-32

连接型式：
A—辅板；
Z—带伺服阀块

杆端：
A—外螺纹；
B—内螺纹

油液：
M—密封，适用于矿物油
DIN51 524(HL,HLP)；
A—氟橡胶密封，适用于磷酸酯(HFD-R)

密封型式：
D—标准；
A—无密封

位置传感器：
L—LVDT，电源式；
T—超声波

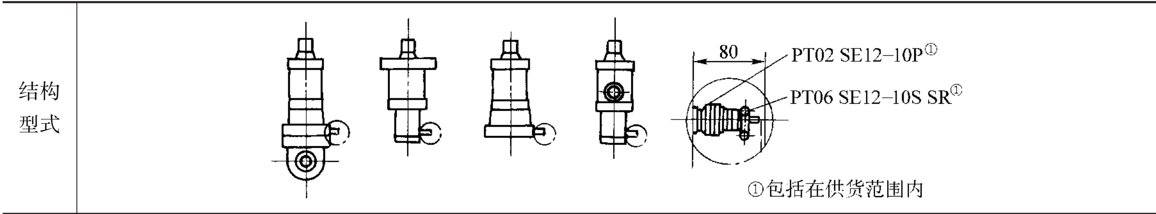
(2) 技术性能及结构形式(见表 22.11-37)

表 22.11-37　技术性能及结构形式

	推力/kN	行程/mm	额定压力/MPa	回油槽压力/MPa	安装位置	工作介质	介质温度/℃	粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	工作液清洁度
技术性能	10～1000	50～500 每 50 增减	28	≥0.2	任意	矿物油 DIN51524	35～50	35～55	NAS1638 —7 级

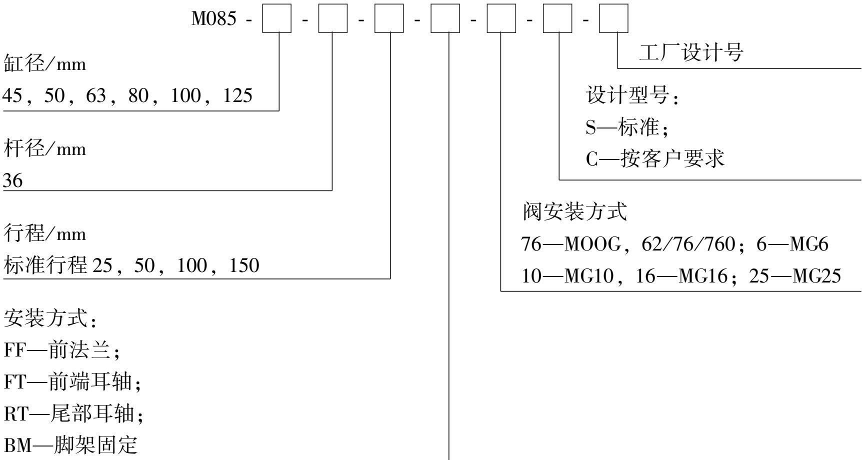
		位移传感器	超音波位移传感器
位移传感器技术性能	测量长度/mm	100～550，每 50mm 增减	
	速度	任选(响应时间与测量长度有关)	
	电源电压/V	+1～+5	±12～±15(150mA)
	输出	模拟	RS422(脉冲周期)
	电缆长度/m	≤25	≤25
	分辨率/mm	无限的	0.1(与测量长度有关)
	线性度(%)	±0.25(与测量长度有关)	±0.05(与测量长度有关)
	重复性(%)		±0.001(与测量长度有关)
	滞环/mm		0.02
	温漂/mm·$10K^{-1}$		0.05
	工作温度/℃	−40～80	传感器：−40～66；传感器杆：−40～85

（续）

结构型式	

7.4 伺服液压缸(MOOG)莫格公司

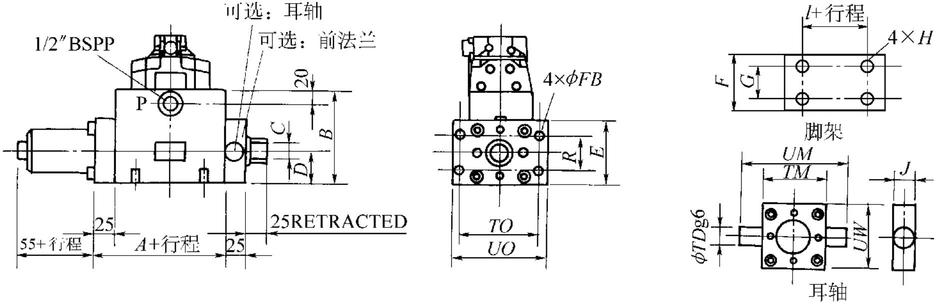
（1）型号说明



（2）外形尺寸(见表 22.11-38)

表 22.11-38 外形尺寸 （mm）

型号	*A*	*B*	*C*	*D*	*F*	*G*	*H*	*l*	*J*	法兰 *R*	法兰 *E*	法兰 *TO*	法兰 *UO*	法兰 *ϕFB*	耳轴 *UM*	耳轴 *TM*	耳轴 *UW*	耳轴 *ϕTD*
M085-50-36-***	132	110	M24*2*45	46	90	60	M10×15	27	32	65	90	117	145	14	144	94	90	32
M085-63-36-***	140	125	M24*2*45	46	90	70	M10×15	35	32	65	90	117	145	14	144	94	90	32
M085-80-36-***	140	145	M24*2*45	58	106	80	M12×18	35	40	83	115	149	180	18	164	110	115	40



7.5 伺服液压缸(Atos)阿托斯公司

（1）型号说明

CK P / 10 50 / 36 * 0500 - S 2 0 8 K Q 20

- CK：液压缸系列：CK-符号，ISO6020-2 和 DIN24554 标准；CH—用相对法兰装配的系列缸（对 ϕ63 ~ ϕ200mm）
- P：内置传感器：P—电阻式；M—电磁式；V—VRVT 感应式；W—LVDT 感应式
- 10：一体化底板：00—没有底板；10—CETOP03 底板（CK※40 ~ 200）；20—CETOP05R 底板（CK※40 ~ 200）；W—LVDT 感应式
- 50：缸径/mm
- 36：活塞杆径/mm
- 0500：行程/mm，选用以下标准行程：CKP，CKM，CKV—100，200，300，400，500，700，900，CKW：100，200，300 其他尺寸请订做
- S：安装方式

参照 SOI		参照 ISO	
X—基本型	—	L—中间耳轴	MI4
C—双耳轴	MP1	N—前法兰	ME5
D—单耳轴	MP3	P—后法兰	ME6
E—底座	MS2	S—关节轴承	MP5
G—前耳轴	MT1		

- 2：缓冲器，对于 CK※63 ~ 200 仅前端有 0—无缓冲器；2—前端缓冲
- 0：支承环：2—50mm；4—100mm；6—150mm；8—200mm
- 8：密封圈：8—腈橡胶 + PTFE 和聚亚胺酯，速度可达 1m/s；2—氟橡胶 + PTFE 适用于高油温，速度可达 1m/s；4—腈橡胶 + PTFE，速度可达 1m/s；0—用于高频率，微小行程，特殊油液的场合。CKP 型伺服液压缸，不采用密封方式 0、2、4
- K：H—活塞杆螺母符号 DIN24554；K—NIKROM 提供的活塞杆在符合 ISO2768 的盐雾环境下可保持 350h；T—淬火后镀铬（仅对 CKM 类缸）；A—输出信号电流 4 ~ 20mA；V—输出信号电压 0 ~ 10V
- Q：使用特别传感器行程时注明
- 20：设计号，在定购备件时需标明

（2）结构及传感器主要参数（见表 22.11-39）

表 22.11-39　结构及传感器参数

结构图	CKP型伺服液压缸剖面图；带比例阀的伺服液压缸控制方框图（电控单元、基准值、轴向定位器、反馈）								
结构类型	CKM型；CKP（电位计式）型，CKV和CKW型（感应式）								
传感器的主要特性	传感器类型	分辨率	线性度（%）	重复性（%）	最高速度 /m · s^{-1}	温度范围 /℃	温度系数 /（%）℃$^{-1}$	标准行程 /mm	最大行程 /mm
	电阻式	无限	±0.025	≤0.01	1	-20 ~ 70	±0.1	100，200，300，400，500，700，900	2000
	感应式（VRVT）	无限	±0.20	≤0.02	2	-30 ~ 80	±0.02	100，200，300，400，500，700，900	1000
	感应式（LVDT）	无限	±0.25	≤0.02	2	-20 ~ 80	±0.002	100（±50）200（±100）300（±150）	300（±150）
	电磁式	无限	±0.05	≤0.001	2	-20 ~ 65	±0.02	100，200，300，400，500，700，900	2000

第 12 章　电液比例控制

1　概述

比例控制技术是在开关控制技术和伺服控制技术之间的过渡技术，它具有控制原理简单、控制精度高、抗污染能力强、价格适中，受到人们普遍重视，使该技术得到飞速发展。它是在普通液压阀基础上，用比例电磁铁取代阀的调节机构或普通电磁铁，采用比例放大器控制比例电磁铁，实现对比例阀进行连续控制，从而实现对液压系统压力、流量、方向的无级调节。此外，还能对相应的时间过程，例如在二段时间内流量的变化、加速度的变化或减速度的变化等进行无级调节。

电液比例控制是指用输入电信号来调制液压参数。这是一种理想的液压系统与电子系统的结合，可用于开环或闭环控制系统中，以实现对各种运动进行快速、稳定和精确的控制。这类电液控制系统是全自动化新式机器及工厂所必需的。

1.1　电液比例控制的功能描述

电液控制的核心是比例阀。电子放大器根据一个输入电信号电压值的大小，（一般在 0 ~ ±9V 之间）转换成相应的电流信号，如 1mV = 1mA。这个电流信号作为输入量被送入比例电磁铁，电磁铁将此电流转换为作用于滑阀芯/锥阀芯上的力，以克服弹簧的弹力。电流增大，输出的力相应增大，该力或位移又作为输入量加给液压阀，后者产生一个与前者成比例的流量或压力。电磁铁断电后，复位弹簧使阀芯返回中位。在先导操作的阀中，比例先导阀调节并作用于主阀阀芯控制其流量和压力。通过这样的转换，一个输入电信号的变化，不但能控制执行器和机械设备上工作部件的运动方向，而且可对其作用力和运动速度进行无级的调节。其信号流程见图 22. 12-1。

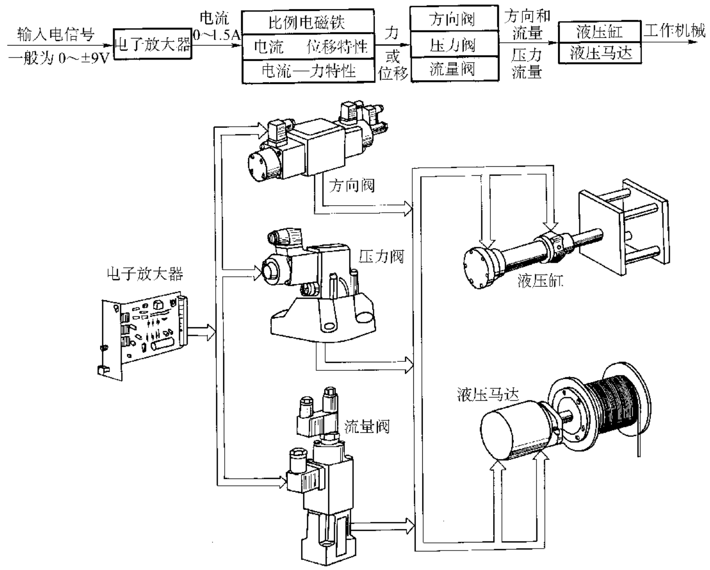


图 22. 12-1　信号流程图

1.2　电液比例控制的组成、分类及原理（见图 22. 12-2、表 22. 12-1、表 22. 12-2）

表 22. 12-1　电液比例控制系统的分类

分 类 依 据	类　　别
按系统控制回路	1）开环控制系统；2）闭环控制系统
按系统输入信号的方式	1）手调输入式系统：以手调电位器输入，调节电控制器，以调整其输出量，实现遥控

（续）

分类依据	类　别
按系统输入信号的方式	2）程序输入式系统：可按时间或行程等物理量定值编程输入，实现程序控制 3）模拟输入式系统：将生产工艺过程中某参变量变换为直流电压模拟量，按设定规律连续输入，实现自动控制
按控制类型	1）压力控制系统；2）速度控制系统；3）加速度控制系统；4）力控制系统；5）位置控制系统
按控制参数	1）单参数控制系统：液压系统的基本工作参数是液流的压力、流量等，通过控制一个液压参数，以实现对系统输出量的比例控制。如采用电液比例压力阀控制系统压力，以实现对系统输出压力或力的比例控制；用电液比例调速阀控制系统流量，以实现对系统输出速度的比例控制等，都是单参数控制系统 2）多参数控制系统：如用电液比例方向流量阀或复合阀、电液比例变量泵或液压马达等，既控制流量、液流方向，又控制压力等多个参数，以实现对系统输出量比例控制
按电液比例控制元件	1）阀控制系统：采用电液比例压力阀、电液比例调速阀、电液比例插装阀、电液比例方向流量阀、电液比例复合阀等控制系统参数 2）泵、液压马达控制系统：采用电液比例变量泵、液压马达等控制系统参数

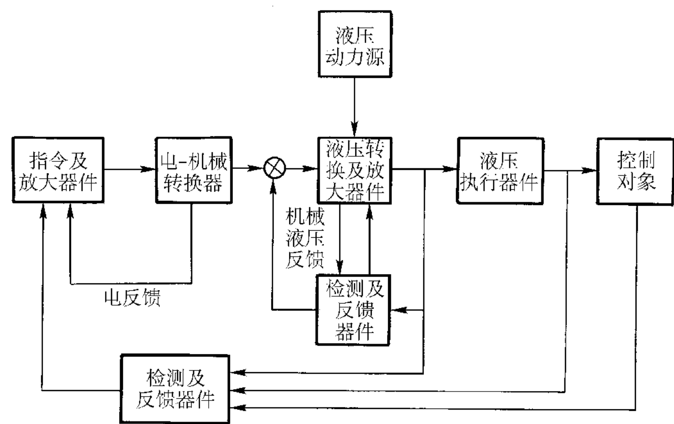


图 22.12-2　电液比例控制系统的技术构成

表 22.12-2　电液比例控制系统的组成与原理

开环控制系统	方块图及组成	液压源 输入信号 电压 u_i 0～±9V → 放大器 → 电流 i → 比例阀 → 流量、压力 q_V、p → 液压缸(液压马达) → 速度、力(转速、转矩) v、F ω、T → 控制对象
	原理	系统输入量为控制电量（电压或电流），经电控制器放大转换成相应的电流信号输入给电-机械转换装置，后者输出与输入电流近似成比例的力、力矩或位移，使液压阀的可动部分移动或摆动，并按比例输出具有一定压力 p、流量 q_V 的液压油以驱动执行元件，执行元件也将按比例输出力 F、速度 v 或转矩 r、角速度 ω 以驱动负载，连续调节系统输入量就可无级调节系统输出量力、速度，以及加、减速度等 这种控制系统的结构组成简单，系统的输出端和输入端不存在反馈回路，系统输出量对系统的输入控制作用没有影响，没有自动纠正偏差的能力，其控制精度主要取决于关键元器件的特性及系统调整精度。但这种开环控制系统不存在稳定性问题

（续）

闭环控制系统	方块图及组成	液压源 输入信号 u_i + ⊗ − 差值电压 → 放大器 → 电流 i → 比例阀 → 流量、压力 p、q_V → 液压缸(液压马达) → 速度位置、力 v、F ω、T → 控制对象 u_f ← 反馈元件 检测元件
	原理	系统工作原理为反馈控制原理或偏差调节原理，这种控制系统通过负反馈控制，因而具有自动纠正偏差的能力，可获得相当高的控制精度。但系统存在稳定性问题，而且高精度和稳定性的要求是矛盾的

1.3　各类控制系统的性能指标及特点等方面对比(见表 22.12-3)

表 22.12-3　比例阀、伺服阀、开关阀液压控制系统的性能指标及特点的对比

液压控制系统类型	电控控制式	电-机械转换器	动态响应/Hz	零位死区	加工精度及价格	过滤精度要求/μm	阀口压降/MPa	适　应　性
一般比例阀控制系统	电子控制	一般比例电磁铁	一般，1~50	有	10μm 中	25	0.3~1	适用于各类开环系统及部分闭环系统
高频响比例阀控制系统	电子控制	高频响比例电磁铁	中，30~100	无	1μm 偏高	3~10	单级或首级：1/3 油源总压力	适用于各类闭环系统，可靠性高
电液伺服阀控制系统	电子控制	力马达 力矩马达	高，>100	无	1μm 高	3~10	主级：0.3~1	适用于各类高精度闭环系统
普通开关阀控制系统	继电控制	开关电磁铁		有	10μm 低	25	0.3~1	只适用开环系统

（1）对电液控制的技术优势的说明

电气或电子技术在信号的检测、放大、处理和传输等方面比其他方式具有明显的优势，特别是现代微电子集成技术和计算机科学的进展，使得这种优势更显突出。因此，工程控制系统的指令及信号处理单元和检测反馈单元几乎无一例外地采用了电子器件。而在功率转换放大单元和执行部件方面，液压元件则有更多的优越性。电液控制技术集合了电控与液压的交叉技术优势。

（2）对电液比例控制系统特点的说明

1）可明显地简化液压系统，实现程序控制。

2）引进微电子技术的优势，利用电信号便于远距离控制，以及实现计算机或总线检测与控制。

3）电液控制的快速性，是传统开关阀控制无法达到的。

4）利用反馈，提高控制精度或实现特定的控制目标。

5）便于机电一体化的实现。

（3）对高频响比例阀的说明

1）高频响比例阀弥补一般比例阀用于要求无零位区的闭环控制存在的缺陷，滞环、重复精度等稳态特性接近伺服阀。

2）结构上利用(大电流的)比例电磁铁(不采用伺服阀常用的力马达或力矩马达)为电-机械转换器，加上首级采用伺服阀机械结构(首级用伺服阀的阀芯阀套)，以及(首级、主级)阀口零遮盖、频宽(动态特性)已接近伺服阀，可满足 70% 工业部门的需要。

3）高频响比例阀，其动态频响比一般比例阀高，更适合于要求无零位死区的如速度控制、位置控制、压力控制等闭环系统。

2　比例电磁铁

比例电磁铁是电液比例阀的关键部件，是电子技术与液压技术的连接环节。比例电磁铁是一种直流行程式电磁铁，它产生一个与输入量(电流)成比例的输出量：力和位移。其工作原理如下：

在由软磁材料组成的磁路中，有一励磁线圈(或有一对励磁线圈和一对控制线圈)，当有控制电流输入时，由于磁路中磁通力因缩短其长度或磁场使磁路中磁阻减小的特性，使衔铁与轭铁之间产生吸力而移动，通过推杆输出机械力。

按实际使用情况，电磁铁可分为两种：

1）行程调节型电磁铁：具有模拟量型式的位移电流特性。

2）力调节型电磁铁：具有特定的力电流特性。

2.1　力调节型电磁铁

在力调节型电磁铁中，衔铁行程没有明显变化时，改变电流 I 就可调节其输出的电磁力。由于在电子放大器中设置电流反馈环节，在电流设定值恒定不变而磁阻变化时，控制磁通量进而使电磁力保持不变。

力调节型比例电磁铁的基本特性，是力-行程特性。

在控制电流不变时，电磁力在其工作行程内保持恒定。如图 22.12-3、图 22.12-4 所示，这类电磁铁的有效工作行程约为 1.5mm。

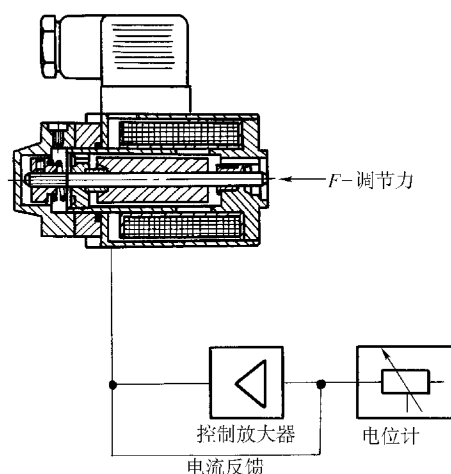


图 22.12-3　力调节型比例电磁铁

由于行程较小，力控制型电磁铁的结构很紧凑。正是由于其行程小，可用于比例方向阀和比例压力阀的先导级，将电磁力转换为液压力。

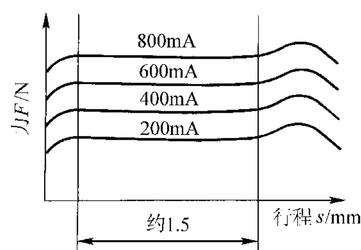


图 22.12-4　力-行程特性曲线

这种比例电磁铁，是一种可调节型直流比例电磁铁，在其衔铁腔中充满工作油液。

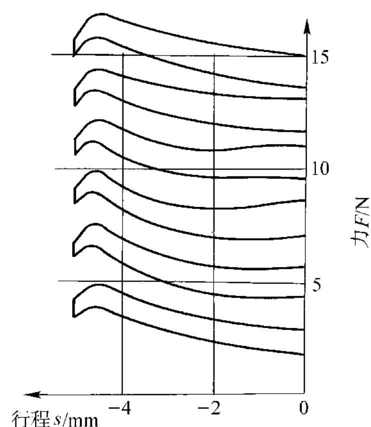
2.2　行程调节型电磁铁

在行程调节型电磁铁中，衔铁的位置由一个闭环调节回路进行调节。只要电磁铁在其允许的工作区域内工作，其衔铁位置就保持不变，而与所受反力无关。其特性及结构见图 22.12-5、图 22.12-6。

使用行程调节型比例电磁铁，能够直接推动诸如比例方向阀、流量阀及压力阀的阀芯，并将其控制在任意位置上。电磁铁的行程因其规格而异，一般在 3～5mm 之间。

如前所述，行程调节型比例电磁铁，主要用来控制直接作用式四通比例方向阀。配上电反馈环节后，电磁铁的滞环及重复误差均较小。此外，作用在阀芯上的液动力也受到抑制(与各种可能产生的干扰力相比,电磁力较小)。

在先导阀中，受控压力作用在一个较大的控制面积上，因此供使用的调节力要大得多，而干扰力影响的百分比并不大。由此，先导式比例阀也可不带电反馈机构。



0mm 行程对应于电磁铁推杆全部推出

图 22.12-5　行程调节型电磁铁的特性曲线

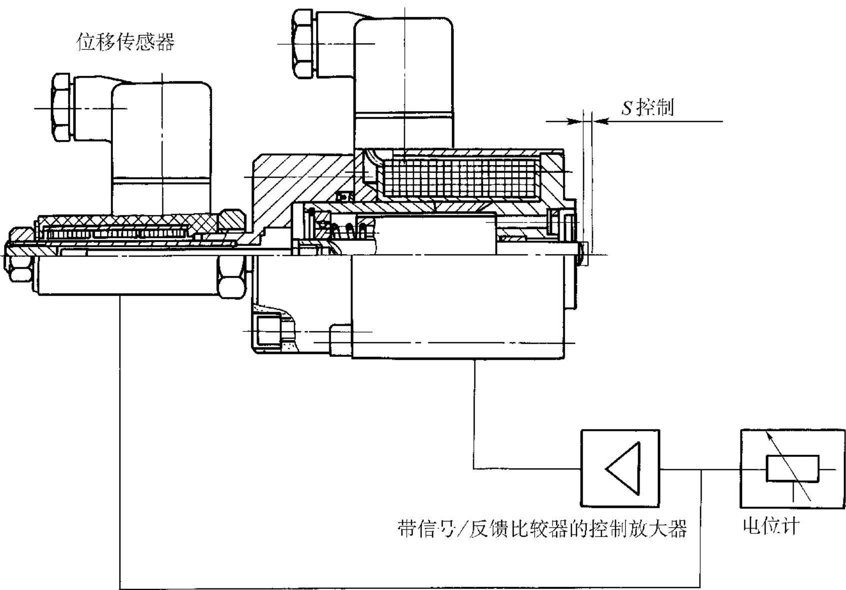


图22.12-6　行程调节型比例电磁铁

3　比例放大器

比例放大器用于驱动和控制电液比例控制元件的电控制器，在控制系统中除了上述作用外，在闭环控制系统中还要承担反馈检测器的检测放大和校正系统的控制性能。因此，放大器的功能直接影响系统的控制性能，它的组成应与比例电磁铁的型式相匹配，一般都具有控制信号的生成、信号的处理、前置放大、功率放大、测量放大、反馈校正、颤振信号发生及电源变换等基本组成单元。它包括电位器、斜坡发生器、阶跃函数发生器、PID调节器、反向器、功率放大器、颤振信号发生器，或带可编程序控制器等，比例放大器一般随比例阀配套供应，放大器一般采用电流负反馈，并在电流中叠加颤振电流。放大器断电时或差动变压器断线时能使阀芯处于安全位置。放大器中有时设置斜坡信号发生器，以便控制升压、降压时间或运动加速度、减速度。驱动比例方向阀的放大器往往还有函数发生器以便补偿比较大的死区特性。电子比例放大器的主要关键环节及其功能见表22.12-4。

表22.12-4　电子比例放大器的主要关键环节及其功能

名称	常见符号及图形	功 能 说 明
功率放大	电流放大　V　I	输入信号/V：0～10，0～±10，0～±20，0～20 输出信号/mA：0～800，0～1500，0～2500，0～2700
死区补偿	死区 U_{E2}/V　2　1.3　1　−2　−1　−0.3　0.3　1　2　U_{E1}/V　−1　−1.3　−2	为使液压阀正遮盖(零位死区)的影响减少到最低程度。在放大器中采用的方法是“零点跳跃”，当输入电压大于±0.1V时用补偿环节加大放大器的输出将一个小信号输入时，经过“零点跳跃”变成一个较大的信号，如图中0.3V变成1.3V。但还是存在一个0.3V的死区，要完全消除可采用二级跳跃方式或采用高频响比例阀

（续）

名称	常见符号及图形	功能说明
缓冲功能	斜坡 u_o t u_i、u_o u_i u_o $\tan\alpha_t=\frac{du_o}{dt_o}$ α_2 t	斜坡信号发生器将设定值的阶跃输入转换成精确可控的斜坡输出使加减速过程平缓，减小冲击。由于高频响比例阀用于闭环控制，可以对控制过程进行任意调节，因此，不必再设缓冲环节
颤振	t u_o u_{omax} $-u_{omax}$	叠加在直流控制信号中的由矩形或三角波颤振信号发生器产生高频（50～100Hz）小振幅交流信号，用于减小阀芯运动过程中的摩擦力及磁滞所造成的滞环，并有利于消除卡涩现象
阀芯位置闭环调节	阀芯反馈 PID 阀芯位置控制	高频响比例阀中有：电感式位移传感器，与阀芯刚性相连的铁心跟随阀芯在差动变压器相连的 2 个次级线圈中移动，从次级线圈感应电压差信号表征了阀芯的位移，将此反馈信号引回放大器与输入信号相比较，形成偏差调节闭环，以自动纠正干扰，保证阀芯准确定位，减小滞环，提高了控制精度
短路保护与监视	输出保护 反馈故障检测 $+V_{CC}$ 指示灯1 指示灯2 $+V_{CC}$	在某个采用电液比例控制的机械中，当它某种运动会造成严重后果时，就要紧急停止该运动，此时，光靠切断放大器的电信号（电流）并不能做到这一点，因为放大器的某些元件（如电容）还储存有能量，使电磁铁还可继续运动一段时间。而保护是直接切断输出级，使电磁铁马上停止运动

VT5000 型比例放大器的结构及工作原理：

Rexroth 公司 VT5005～5008 型电子放大器可用于控制带有位移传感器的 4WRE，1X 系列直控式比例方向阀，其内部结构包括带差动输入口；互锁输入口，带 LED-显示；LED-显示“预备状态”；阶跃发生器；斜波发生器；4 个可以通过电位计调节的斜波时间（VT5007 和 VT5008）；4 个可以通过电位计调节的给定值输入，带 LED 显示；带有阀芯位置调节器；两个电流脉宽调制输出端；感应位移测量的振荡器及解调器，带有断线识别；电源部分带错极保护。

VT5000 型比例放大器电气原理见图 22.12-7，通过控制四个给定值输入口所属的四个继电器（K1～K4）的吸合和断开，可以启用不同的给定值①；给定值电压一方面可以从内部电源⑥的输出电压 ±9V 直接获取，另一方面也可以通过一个外接的给定值电位计间接获得，对于这几个输入口 ±9V 意味着 ±100% 的输入值，如果将这四个给定值输入口都与 ±9V 相接，那么，就可以利用四个电位计 W1～W4 调出四个不同的给定值来；在使用外接的给定值电位计给这些输入口输入给定值时，如果它们的内部电位计未处于最大值状态，则这些内部电位计会使实际输入的给定值减小，起限压作用。

外部给定值电位计示意见图 22.12-8a。

正在被调用的给定值通过发光二极管“H1”～“H4”被显示出来，如果有一个以上的给定值被同时调用，则标号大的具有优先权；例如：给定值 1～3

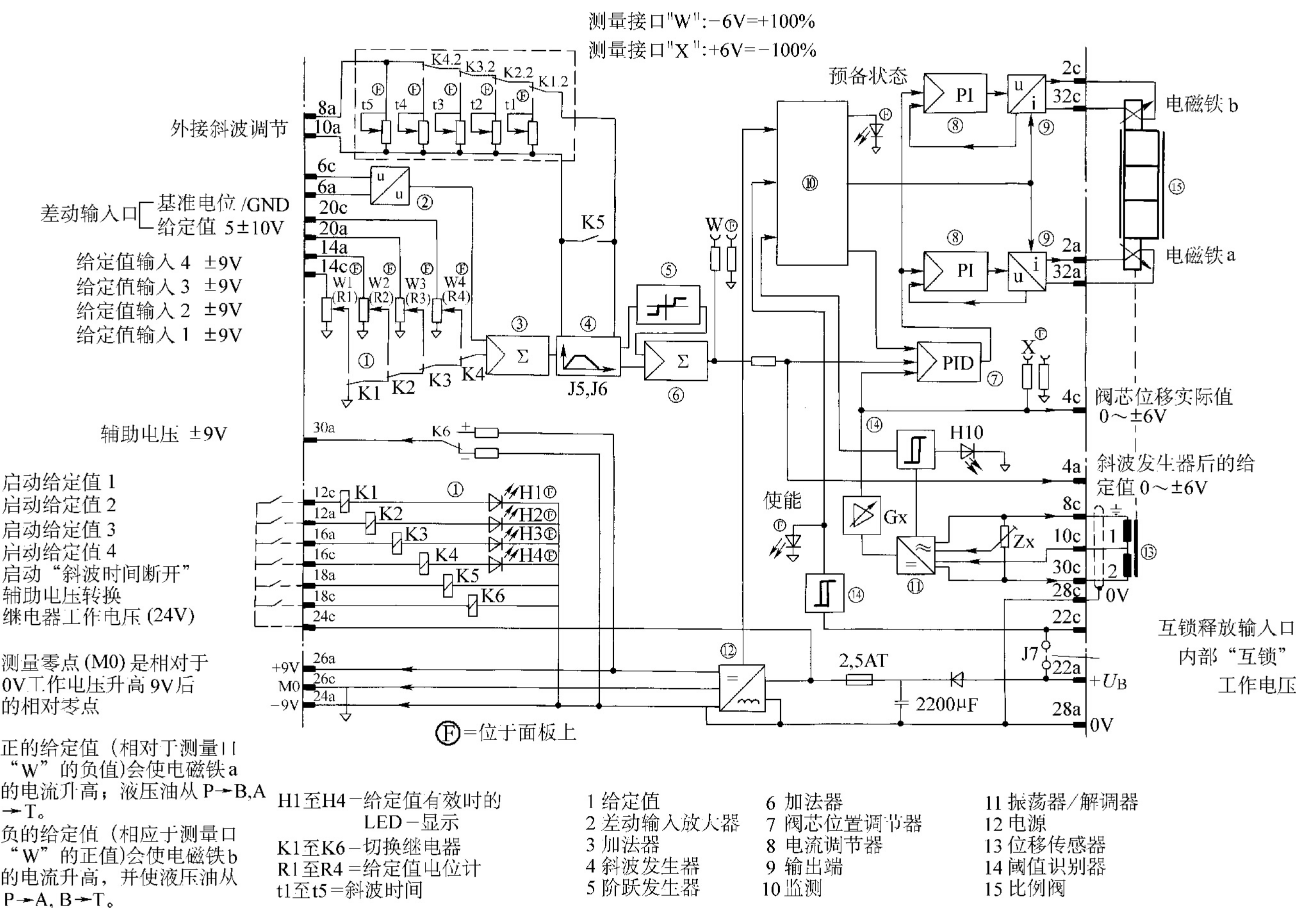


图 22.12-7 VT5000 型比例放大器原理图

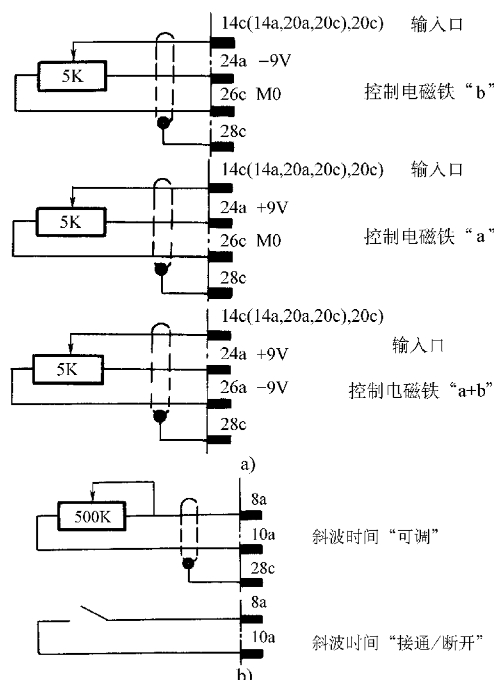


图 22.12-8　时间电位计和斜波时间“断开”示意图

a）外部给定值电位计示意图　b）外部的斜波

被同时调用，这时真正起作用的是 3。

放大器上还有一个接口，利用它可以为给定值输入口提供一个可经过 K6 方便地从 +9V 切换至 −9V 的电压。

带有 5 个可调斜波时间的放大器（VT5007 和 VT5008）为每个给定值输入口确定了一个可调斜波时间（t1 ~ t4），如果放大器中未启用任何给定值，则 t5 这时有效；对于只带有一个斜波时间的放大器（VT5005 和 VT5006），斜波时间“t”对于所有的给定值有效。

放大器上所有的继电器使用的都是 DC24V（经过滤波）。

给定值输入口 5 是一个差动输入口（0 ~ ±10V），当给定值由其他电控部分给出，并且是以另外一个基准电位为基准时，应使用此输入口。应该注意的是：在给定值电压接通或断开时，两根信号线应同时与输入口接上或拆下。

所有的给定值在传输给下一部分之前，先通过第③部分的加法器按照它的数值和符号进行相加。

后接的斜波发生器④可以将阶跃式的输入信号转变成一个斜波式的输出信号；该输出信号的时间常数可以利用电位计 t 或 t1 ~ t5 来调节；给出的斜波时间是以 100% 的给定值为基础的，并可以根据跳线开关位置的不同（J5，J6）分别为 1s 或 5s 的时间；如果输入的给定值小于最大的给定值（即 100% 的给定值），则斜波时间也会相应缩短。

外部的斜波时间电位计和斜波时间“断开”示意见图 22.12-8b。

说明：当使用外部斜波时间电位计时，由于外部电位计与内部电位计（约 500W）是并联关系，因此内部斜波时间电位计必须调至最大值，否则，最长斜波时间会缩短。通过继电器 K5 的吸合，或通过 8a、10a 的短接均可使斜波时间切换至最小值（约 30ms）。

输入信号经过斜波发生器④后同时到达加法器⑥和阶跃发生器⑤，阶跃发生器会在给定值电压 ≥ 100mV 时输出一个与其极性有关的阶跃信号，这个阶跃信号会和经过斜波发生器后的给定值信号相加，利用这个阶跃信号可以使阀芯快速通过阀的正遮盖区；当给定值电压较大时，阶跃发生器会输出一个恒定的输出信号。

经过加法器⑥后的信号是阀芯位移的给定值，将作为 PID-调节器⑦的给定输入值传输给它；同时，它还可以通过面板上的测量口 W 及接口 4a（斜波发生器后的给定值/外部限压电位计）进行测量，当在给定值测量口 W 测得的电压为 −6V 时，相当于 +100% 的原始给定值。

PID-调节器是专门为比例阀 WRE（1X 系列）优化设计的；利用阀芯位移的给定值和实际值的差值来控制电流输出终端；输入给放大器输入口的正的给定值信号控制电磁铁 a 的输出终端，负的给定值信号控制电磁铁 b 的输出终端。

感应位移传感器⑩随时检测阀芯的位置，位移传感器的交流电压输出信号经过振荡器/解调器⑩转换后作为阀芯位移的实际值回传至 PID-调节器。

位移传感器的零点（实际值零点）可以利用电位计 Z_X（位于线路板上）来调节；阀芯位移的放大倍数已由厂方校准，不允许再次进行调整（±6V ≈ 最大阀芯行程）。

如果在互锁释放输入口输入一个 >8.5V 的信号，则输出端的互锁将被清除（面板上的发光二极管 H11 会显示此功能）；通过跳线开关 J7 的设置可使输出端与互锁释放输入口的状态无关，输出端不再受互锁的限制，互锁释放输入口不再有效。

当系统无任何故障，处于待命工作状态时，面板上的发光二极管 H12（预备状态）会发光；具体条件如下：

1）互锁释放信号已接通。

2）内部使用的 ±9V 电压信号正常（幅值和对称度）。

3）电磁铁接线不存在短路。

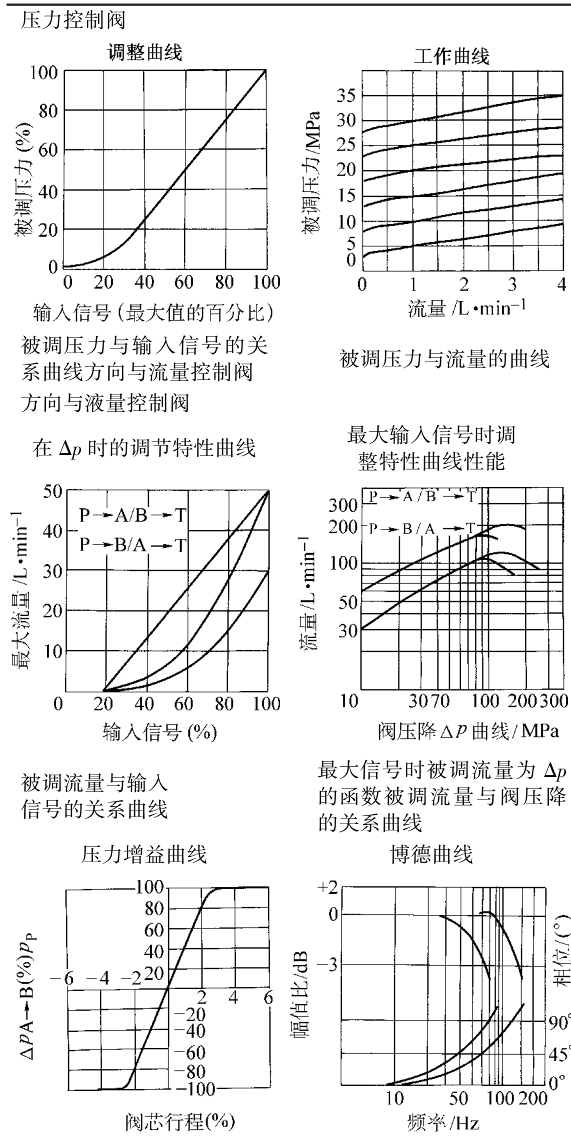
4）位移传感器部分无断线。

当出现故障时，两个输出口的输出电流及“预备状态”显示会马上消失，故障排除以后，放大板可以马上恢复功能，发光二极管 H12 重新发光。注：给定值 1～4 的基准电位是 M0（测量零点）。

4　比例控制装置的典型曲线（见表 22.12-5）

表 22.12-5　比例控制装置的典型曲线

压力控制阀



被调压力与输入信号的关系曲线方向与流量控制阀方向与液量控制阀

被调压力与流量的曲线

被调流量与输入信号的关系曲线

最大信号时被调流量为 Δp 的函数被调流量与阀压降的关系曲线

在使用口被堵住，阀芯在静止位置为零遮盖的条件下，出口压力与阀芯行程之间的关系曲线。阀芯行程以全行程的百分数表示。

X 轴上，阀芯行程以全行程的百分数表示

Y 轴上，A 口与 B 口之间的 Δp 以入口压力的百分数表示。

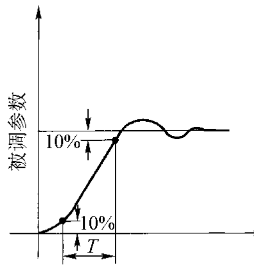
压力增益为阀芯行程，此处 A 口与 B 口之间的 Δp 相当于入口压力的 80%

曲线显示有代表性的调整范围 ±5% 及 ±90%。

A）幅值比（输入信号幅值与阀芯实行行程幅值之比）与正弦输入信号频率的关系曲线。

B）相位（正弦输入信号与阀芯实际行程之间的相角）与输入信号频率的关系曲线

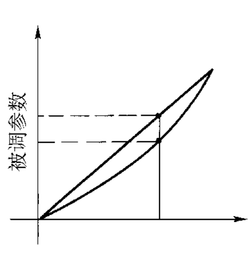
响应时间—阶跃输入



输入信号作阶跃变化后（一般为 0%～100%）阀到达所要求的液压输出需要的时间。

响应时间以毫秒（ms）计，是评价阀动态性能的参数

滞环



输入信号从 0 变为最大，再从最大复位到 0 的两次变化中，对应于同一指令整定值得到的两个液压参数之间的最大差值

5　比例控制系统典型原理图

5.1　开环控制

开环系统适用于在两个不等同的液压参数之间提供一个平滑渐进而无突变的变换控制过程。此时操作者必须不停地目测被控对象的运动过程并连续手动控制。例如人工遥控就是典型的一种开环控制。通常在不需要很精细的控制时使用开环控制。开环控制装置易受环境的干扰，例如温度变化、液压油粘度的变化，以及由于物体运动产生的惯性作用等均对开环装置的控制产生影响。下面介绍几个典型的开环控制应用实例见图 22.12-9～图 22.12-11。

5.2　闭环控制

在闭环控制中，被控液压参数的变化是通过反馈

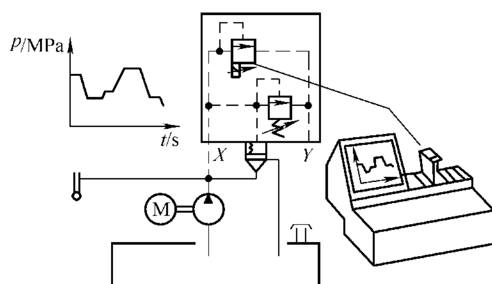


图 22. 12-9　压力控制典型原理图

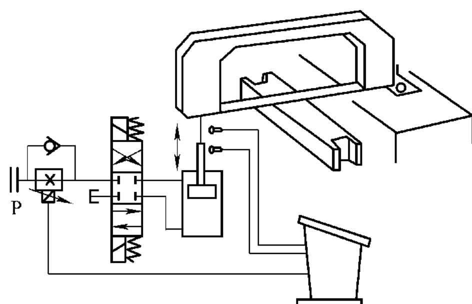


图 22. 12-10　锯条切削速度的控制典型原理图

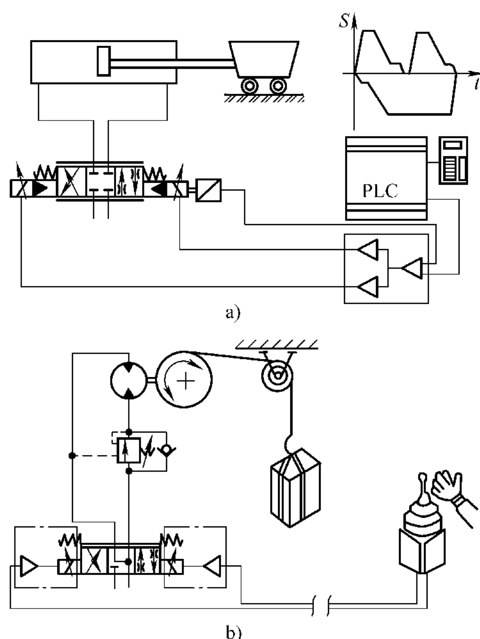


图 22. 12-11　快慢速与行程控制典型原理图

a）快-慢自动横移　b）用操作杆控制行程

传感器而被连续检测的。因此闭环控制不易受环境干扰。检测最终调整结果(位置、速度、力、压力、角度等)的电传感器可装在执行机构内部，也可装在机器的外部。传感器向电子控制器传送电信号，控制器(模拟比例积分微分调节插板 PID 或数字中枢控制插件板)接收此反馈电信号，并将此反馈信号与输入电信号进行比较，这两个信号的差值(误差)作用于PID，改变送给比例阀的指令信号，于是比例阀自动控制调整量，以消除此差值。闭环控制能对被控对象进行持续不断地监视与控制，所以控制均匀稳定，性能优良，是复杂机器控制的最佳选择。下面介绍几个典型的闭环控制应用实例。

5. 2. 1　压力控制(见图 22. 12-12)

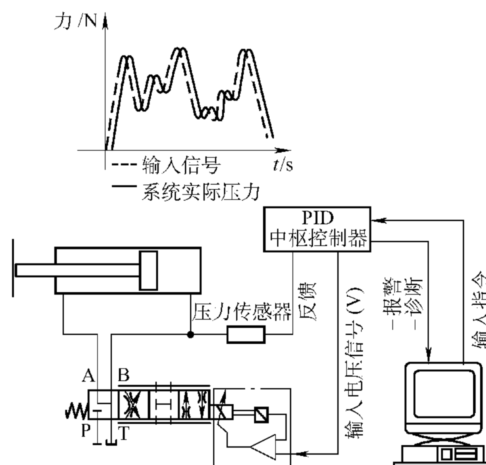


图 22. 12-12　压力闭环控制典型原理图

5. 2. 2　位置/速度控制(见图 22. 12-13)

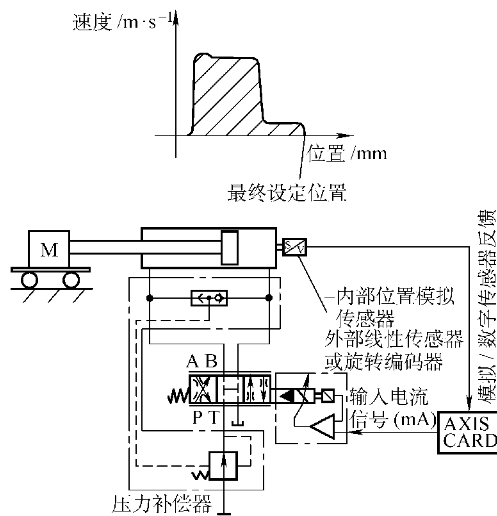


图 22. 12-13　位置/速度闭环控制典型原理图

5.3　典型原理图实例

（1）心轴夹紧压力控制(见图 22. 12-14)

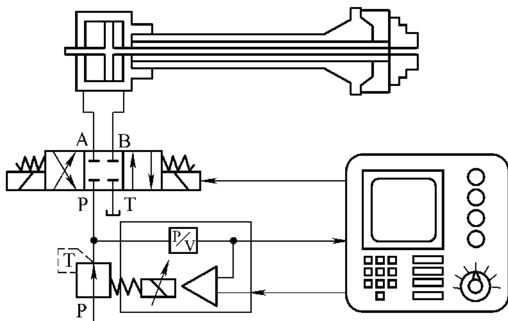


图 22. 12-14　心轴夹紧压力控制典型原理图

钻深孔时，需对心轴的夹紧力进行自动控制，以避免损坏昂贵的刀具。控制信号由 CNC(计算机数控)系统产生，比例阀上装有内装压力传感器和闭环控制用的电子器件。

（2）传送机构上的轴向移动控制(见图 22. 12-15)

本例说明在弱信号范围内，对为提高分辨率致使特性呈非线性的比例阀是如何利用中枢控制插件板的功能精确控制机构的速度和位置的。

在液压缸上装有一数字式线性传感器以输出速度和位置反馈信号，储能系统保持油压恒定，以保证在任何工作条件下比例阀两端有一适量的压降 Δp。紧急状态下，通/断电磁阀断电而切断压力油源，此时比例阀阀芯位于零遮盖的中间位置。工作条件恢复后，通/断电磁阀又可通电。

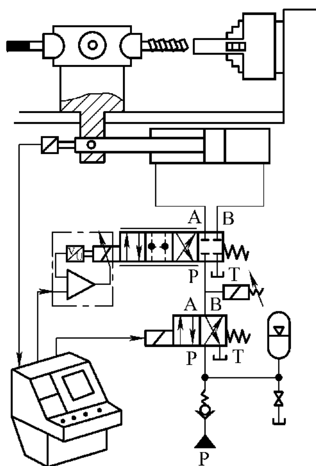


图 22. 12-15　轴向移动控制典型原理图

（3）控制制钢设备上的塞孔柱(见图 22. 12-16)

在钢厂中的应用，特殊设计制造的坚固的电液装

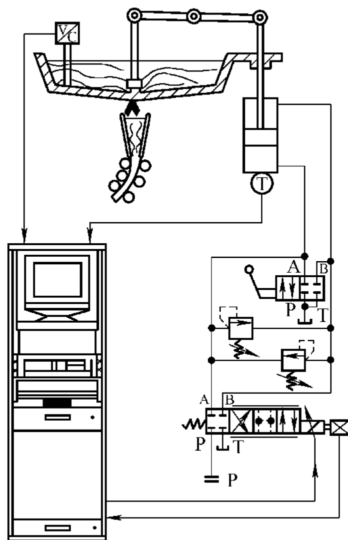


图 22. 12-16　制钢设备塞孔柱控制典型原理图

置可保证其可靠性和优良性能。本例显示调整钢液液位的专用电液系统，包括一装有集成电子器件的比例阀，一手动应急装置，一配存电位器式传感器的液压伺服缸以及一安装控制阀的油路板。

（4）纺织机制动控制(见图 22. 12-17)

在纺织机上，拉力控制是由调整制动力的比例控制系统实现的。比例阀上装有集成电子器件，在闭环控制中，由传感器送来的反馈信号可控制制动力。与传统的压力系统不同的是这个系统具有从零压开始精确调整的特点。

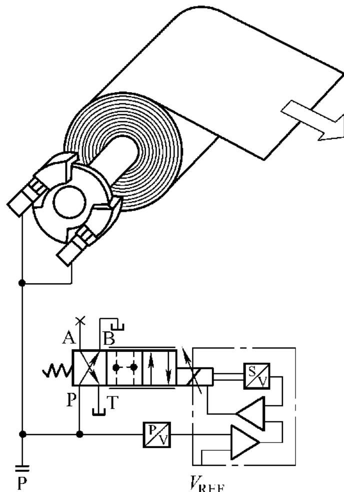


图 22. 12-17　纺织机制动控制典型原理图

（5）压力机的速度控制(见图 22. 12-18)

图示为使用一带集成电子器件的三通插装式比例阀的原理图，用以操纵一台高速压力机。通过装在压

力机上的行程传感器，控制系统工作于闭环状态，能获得良好的控制特性。

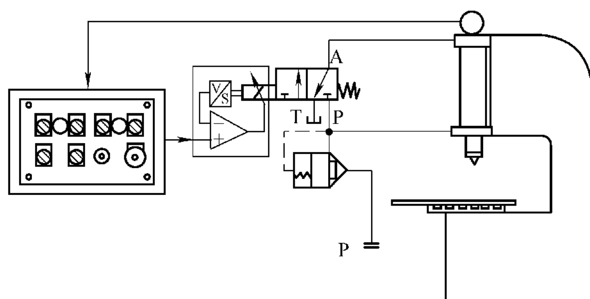


图 22. 12-18　压力机速度控制典型原理图

（6）折弯机用同步控制系统（见图 22. 12-19）

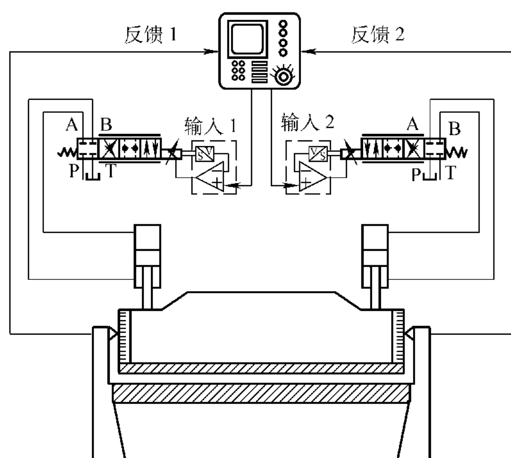


图 22. 12-19　折弯机用同步控制典型原理图

在折弯机系统中，完成压梁提升和下降动作的两只液压缸必须同步运动并应具有非常高的位置精度。利用两只闭环控制的比例阀可以成功地实现上述控制。闭环控制系统利用装在压梁上的位置传感器得到控制信号。

（7）控制高空作业车的自动调平（见图 22. 12-20）

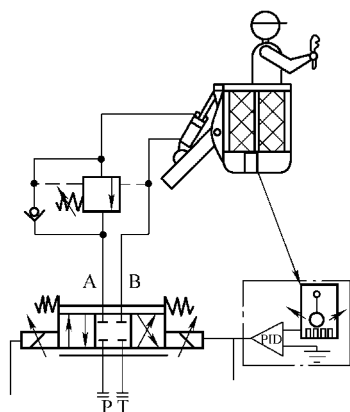


图 22. 12-20　高空作业车自动调平控制典型原理图

此典型应用实例说明，用一套专用的电子器件控制的比例阀来控制平台的自动调平。这套电子器件包括一角位移传感器，以及以闭环方式工作的电子放大器。

整个电液系统是一结构紧凑的模块，可直接装在车上使用。

（8）电影院动态模拟机（见图 22. 12-21）

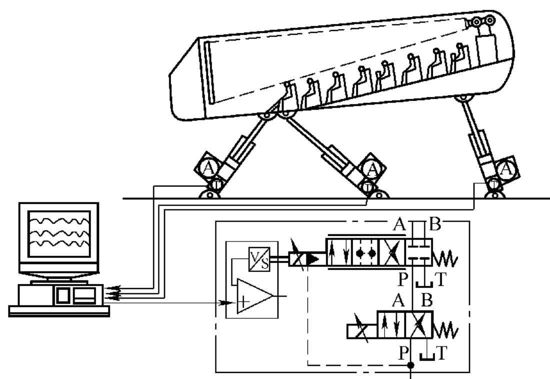


图 22. 12-21　电影院动态控制典型原理图

图 22. 12-21 所示为一由伺服液压缸驱动的运动装置。伺服液压缸上装有带集成电子器件的比例阀。可仿照本例组成各种模拟装置。各方向的运动由计算机根据屏幕上显示的运动状态协调控制。

（9）三通比例插装阀在注塑机上的应用（见图 22. 12-22）

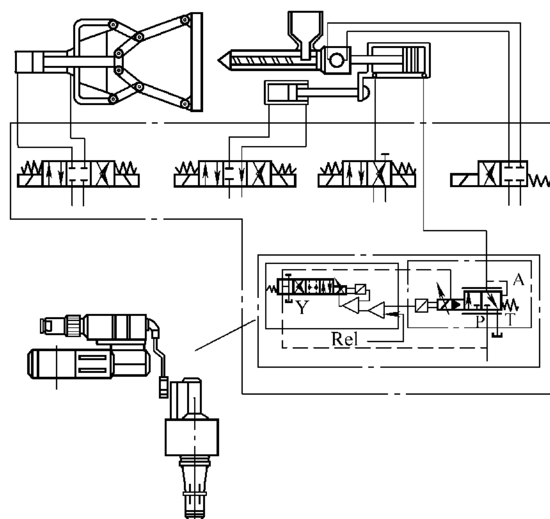


图 22. 12-22　注塑机三通比例插装阀典型原理图

在注塑机中，插装式比例阀实现三个控制功能，即注射速度、挤压成型和锁模。电控通过集成有电子器件和位置传感器的比例阀实现，其位置传感器在主阀芯上形成闭环，实现精确控制并具有高动态性能。

（10）阀门的定位（见图 22. 12-23）

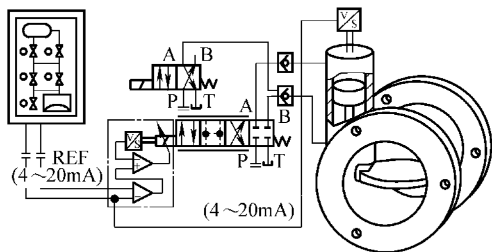


图22.12-23　阀门定位控制典型原理图

用电液系统可以容易地实现阀门的遥控系统。由变化范围为4～20mA的给定输入电流确定初始位置，比例阀即可在闭环控制中根据现场监视器的输出信号进行可靠的控制。远方阀门可由集成电子放大器即计算机产生的4～20mA的信号直接控制。由一通/断电磁阀操纵的单向阀提供安全闭锁。

6　开环控制系统在应用方面的简述

开环控制系统的设计和分析方法与液压传动系统的设计步骤相近，只是将系统中与比例阀有关的液压阀置换下来，另一方面电气应针对比例阀放大器的输入控制方式作相应改变，是采用手动方式还是采用PLC、单片机或计算机控制输入信号给定值，根据需要选用哪种方式，应由主管设计的人员考虑。用比例电磁铁替代液压阀上的普通电磁铁及调节机构，用比例放大器所具备的功能来控制比例电磁铁的输出量即力和位移，用该输出量来调制液压阀的输出参数，实现对液压系统压力、流量及方向的连续控制，为液压系统提供一种平滑、渐进、连续无开关阀突变的控制过程。例如在一个工作循环中当执行机构根据工艺要求需频繁变化推力和速度，或当负载较大运动速度又较快，为防止冲击、减小振动等，均适合采用开环比例系统，对控制精细度不太高并具有较复杂工况的设备也同样适用。在系统中采用比例方向阀后，可实现执行机构运动的匀加速和匀减速并对系统中的流量进行无级调节，使主机的运动部件运行更加平稳。另一方面采用开环比例系统可简化液压原理，减少液压元件的数量，从而提高系统的可靠性和自动化程度，使液压装置更加小巧、简单、合理，因此该项技术越来越多地被广泛采用。图22.12-9～图22.12-11就是较典型的开环控制系统的实例，如能举一反三将被控对象移植到其他主机设备上，相信该主机的工作性能和机械化程度一定会得到较大的提升。关于比例阀的应用还可参见第3章液压基本回路中的有关内容，这里就不再详述了。

7　闭环控制系统的简易设计、分析方法

闭环系统分析的基本概念是建立在自动控制理论基础上，它与先进的仿真编程工具联系在一起的。利用这些概念，就有可能在确定了各个单元输出特性之后，建立起复杂的，由不同功能模块组成的油路系统，并可进一步模拟复杂系统的性能并分析它们的动态特性，从而更容易地进行参数研究（如变刚度、质量、比例阀类型和规格）。

电液系统主要可分为：

1）动态应用系统：载荷高速或高频运动。

2）力应用系统：低速传递高负载。

动态系统中遇到的最主要问题是估值困难，但这又很重要。大部分故障来自忽略了接近系统固有频率的那个频率。因此需要考虑以下两个方面：系统的液压刚度；负载惯性。

在很多液压系统中，液体被认为是不可压缩的，但实际上是不完全正确的，因为当系统有压力时，流体会像弹簧一样被压缩（见图22.12-24）。在动态载荷作用的快速动作的伺服系统中，尤其是在高压系统中，甚至管路也应被看作是弹性的。更应注意的是有蓄能器的情况，虽然蓄能器改善了系统的部分性能，但从动力学观点分析，它也使系统变得更易发生共振。

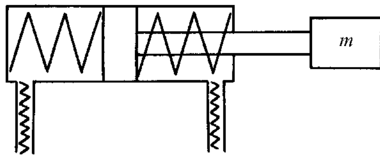


图22.12-24　质量/弹簧系统

将元件（或元件组）看做一个模块（见图22.12-25），能使闭环控制系统的分析加以简化。模块的输入与输出之间的关系即为G。系统控制环增益K_V（见图22.12-26）为各单个控制环模块增益（放大器G_D，比例阀G_V，液压缸G_C以及反馈）之积，系统的增益越大，系统的控制精度越高，反应越快。

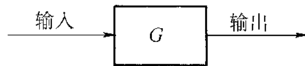


图22.12-25　传递函数方框图

然而，过大的增益有可能引起系统不稳定（见图22.12-27），在这种情况下，上、下两个方向上的振荡变得发散。保持系统稳定时，增益的最大值由下列条件确定：

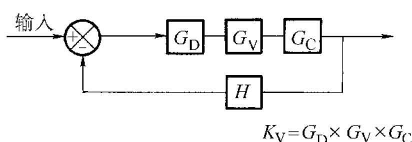


图 22. 12-26　系统控制环增益

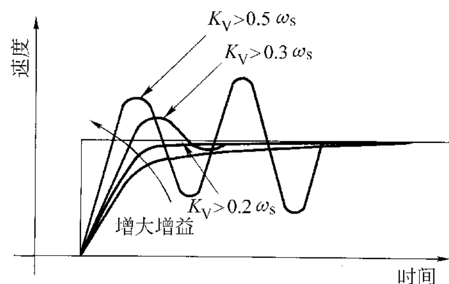


图 22. 12-27　增益增大时阶跃输入的响应

1）负载质量(M)：质量越大，惯性越大，振荡的倾向越大。

2）执行机构的刚度(C_H)：低刚度意味着振荡的倾向大，因此刚度应尽可能大，见图 22. 12-28。

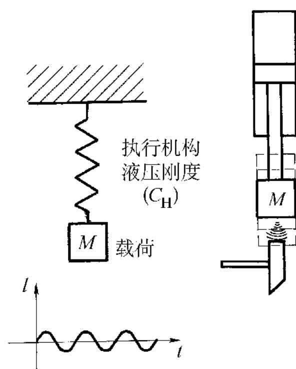


图 22. 12-28　质量/弹簧系统的振荡

3）系统阻尼系数 ξ(典型情况 = 0. 05 ~ 0. 3)：该参数受阀的特性(如非线性特性等)影响。

为了确保系统稳定，应有：

$$K_V \leqslant 2\xi\omega_s$$

其中，ω_s 为整个闭环系统的固有频率。在下列各个频率中，ω_s 为最小值。

ω_V——阀固有频率(一般假设为 90°相位差时的频率)。

$\omega_0=\sqrt{\dfrac{C_H}{M}}$——机械系统的固有频率(一般为 10 ~ 100Hz)。

ω_{at}——放大器和反馈传感器的固有频率(通常可以不考虑，因其值至少比 ω_V 和 ω_0 高 10 倍)。

在电液中枢控制的工业应用系统中，临界频率总是 ω_0

对直线型驱动器，ω_0 用下列方程估算：

$$\omega_0=\sqrt{\frac{40EA_1}{SM}\frac{1+\sqrt{\alpha}}{2}}$$

式中　E——1.4×10^7kg/(cm · s^2)(油弹性模量)；

S——行程(mm)；

M——质量(kg)；

A_1——活塞面积(cm^2)；

α——环形腔面积/活塞面积之比，$\alpha=A_2/A_1$；

A_2——环形腔面积(cm^2)。

对液压缸-质量系统，其固有频率直接与保持系统稳定的最小加速度/减速度时间有关(Route-Hurwitz 准则判定)：$t_{min}=35/\omega_0$。

经验表明：如果计算出的保持系统稳定的最小斜坡时间小于 0. 1s，就应该对系统重新进行调整。另外最低的系统固有频率不应低于对于未进行负载压力补偿控制的系统($\omega_0>3$Hz)；对于有负载压力补偿的控制系统($\omega_0>4$Hz)应当指出，在固有频率较低时，由于系统刚度较小，加速和减速过程不太好。此外，在低速时可能出现蠕动现象。这种缺陷在带负载补偿的控制系统中早已出现，因为压力补偿器也有其固有时间特性。在没有负载补偿的节流控制系统中，具有一个附加的阻尼作用，通过改善固有频率较低的系统的过渡过程特性是有利的。

一旦确定了总的循环时间和行程，就可获得最大速度(见图 22. 12-29)：

$$v_{max}=\frac{S_{tot}}{t_{tot}-t_{min}}$$

式中　S_{tot}——总行程(mm)；

t_{tot}——总循环时间(s)。

从而可得最大加速度：

$$a_{max}=\frac{v_{max}}{t_{min}}$$

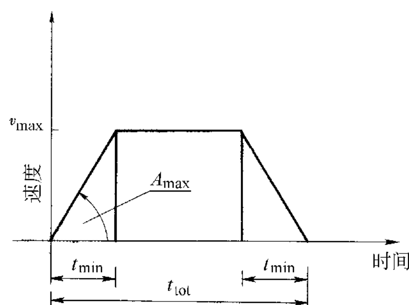


图 22. 12-29　循环图

在利用电液中枢控制器获得和保持要求高的位置精度时，整体刚度也是非常重要的。位置精度受到的外部干扰较大，这些干扰包括：驱动器上的外部作用

载荷(工作载荷,冲击载荷)、负载质量(对垂直安装液压缸)、摩擦力、连接间隙等。

需要进一步监控的其他参数是：由于温度或压力变化造成的阀不换向、反馈传感器的精度或分辨率、摩擦力、连接间隙等。

下面的例子显示闭环系统中动态性能的影响。考虑图22.12-30所示的简单原理图，其中液压缸与比例阀相连。液压缸必须在2s内完成前进行程。已知：

$M=2000\text{kg}$；$S=1000\text{mm}$

$D=50\text{mm}$；$d=25\text{mm}$

$A_1=19.6\text{cm}^2$；$A_2=14.7\text{cm}^2$

$\alpha=\dfrac{A_2}{A_1}=0.75$；$E=1.4\times10^7\text{kg/(cm}\cdot\text{s}^2)$

$t_{tot}=2\text{s}$；$\Delta p_{路}=1.6\text{MPa}$

求固有频率 ω_0。

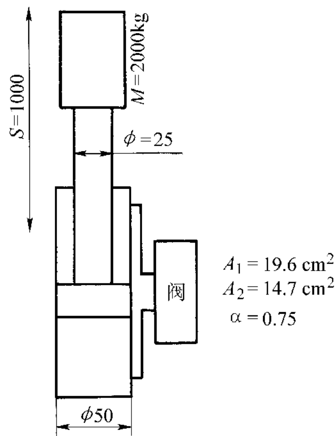


图22.12-30　实例中分析的系统

$$\omega_0=\sqrt{\frac{40EA_1}{SM}}\frac{1+\sqrt{a}}{2}$$

$$=\sqrt{\frac{40\times1.4\times10^7\times19.6}{1000\times2000}}\times\frac{1+\sqrt{0.75}}{2}\text{rad/s}$$

$$=69.12\text{rad/s}$$

求最小加速度时间 t_{min}

$$t_{min}=\frac{35}{\omega_0}=0.51\text{s}$$

求液压缸的最大速度 v_{max}

$$v_{max}=\frac{S}{t_{tot}-t_{min}}=\frac{1000}{2-0.51}\times10^{-3}=0.67\text{m/s}$$

求最大加速度 a_{max}

$$a_{max}=\frac{v_{max}}{t_{min}}=0.67/0.51\text{m/s}^2=1.31\text{m/s}^2$$

求液压缸达到最大速度时所需的流量 q_V

$$q_V=v_{max}A_1=0.67\times19.6\times60/10\text{L/min}=78.8\text{L/min}$$

求液压缸运动过程中所需达到的最小压力 p_{min}

其中

$$F=Ma_{max}=2000\times1.31\text{N}=2620\text{N}$$

$$p_{min}=\frac{F+Mg}{A_1}=\left[\frac{2620+2000\times9.81}{19.6}\times10^{-2}\right]\text{MPa}=11.35\text{MPa}$$

$$p_{需}=p_{min}+\Delta p_{阀}+\Delta p_{路}=(11.35+7.0+1.6)\text{MPa}=19.95\text{MPa}=20\text{MPa}$$

$p_{需}$ 为动力源提供的压力到比例阀的压力值。

根据计算结果，选择阀特性曲线中 $\Delta p_{阀}$ 范围内的比例阀。在上面的例子中，可以选择阀参数满足流量 $78.8\text{L/min}<q_V<100\text{L/min}$；阀压降 $\Delta p_{阀}\leqslant7.0\text{MPa}$ 条件的比例阀。

上面的计算完成并确定了具有动态性能循环的压力。

8　比例阀的选型原则

比例阀的结构型式和工作原理各不相同，选用时除了正确选择其稳态和动态指标外，还应注意以下几点：

1）普通系统用换向阀切换若干个预先设定的压力或速度时，可以用一个比例阀来代替。当设定值超过3个时，用比例阀方案费用较低。另外，各设定值之间的过渡过程可控制(斜坡)，设定值也可连续变化。

2）控制加速度和减速度的传统方法有：延长换向阀切换时间，用缓冲缸或变量泵等。采用比例方向阀和斜坡信号发生器可以提供较好的解决方案。

3）比例阀对油液的污染度要求并不严，一般应控制在NAS1638的8～10级(ISO的17/14、18/15、19/16级)之间。决定这一指标的主要环节是阀的先导级。

4）比例阀的额定流量值取决于阀芯位置和阀压差这两个参数。因此，在选用比例阀时，要正确选择比例阀的通径，以达到有良好的分辨率。选择过大的额定流量值，结果会造成在速度和分辨率方面降低执行器的控制精度。较理想的阀通径是刚好能通过执行

器最大速度时的流量。

5）阀内含反馈闭环的比例阀其稳态特性和动态品质较不含内反馈的阀好。内含机械液压反馈的比例阀具有结构简单、价廉、工作可靠等优点，其滞环在 3% 以内，重复精度在 1% 以内。采用电气反馈的比例阀，其滞环可控制在 1.5% 以内，重复精度可达 0.5% 以内。

6）比例阀与放大器必须配套。比例阀与放大器之间的距离不应超过 60m，信号源与放大器的距离不限。

9　国内主要比例阀产品概览（见表 22.12-6）

表 22.12-6　国内主要比例阀产品概览

产品名称	型号	通径 /mm	流量范围 /$L \cdot min^{-1}$	最高压力 /MPa	滞环 (%)	重复性 (%)	生产厂家
比例溢流阀(直动式)	DBETR	6	2~10	31.5	<1	<0.5	北京华德液压有限责任公司
比例溢流阀	DBE	10，20，30	200~800	31.5	<1.0	<0.5	
比例减压阀	DRE	10，20，30	80~300	31.5	<2.5	<2	
比例先导溢流阀	EDG	3	2	25	<3	<1	榆次油研液压公司
比例溢流阀	EBG	10，20，25	100~400	25	<2	<1	
比例流量阀	2FRE6	6	3~25	21	<1	<1	北京华德液压有限责任公司 沈阳液压件制造有限公司
比例流量阀	2FRE	10，16	5~160	31.5	<1	<1	
比例调速阀	EFG	6，10，20，25	30~500	21	<7	<1	榆次油研液压公司
比例单向调速阀	EFCG	6，10，20，25	30~500	21	<7	<1	
比例方向阀	4WRA	6，10	6~60	32	<6	<3	北京华德液压有限责任公司 沈阳液压件制造有限公司
先导比例方向阀	4WR	10，16，25，32	80~1600	32，35	<6	<3	

10　国外主要比例阀产品概览（见表 22.12-7）

表 22.12-7　国外主要比例阀产品概览

产品名称	型号	通径 /mm	流量范围 /$L \cdot min^{-1}$	最高压力 /MPa	滞环 (%)	重复性 (%)	生产厂家
比例溢流阀（直动式）	DBE*6	6	2~10	31.5	<1	<0.5	力士乐
	RE06M*WZ	6	5	35	<1.5	<1	派克
	RZMO	6	6	31.5	<1.5	<2	阿托斯
比例溢流阀（先导式）	DBE**	10，25，32	200，400，600	31.5	<4	<2	力士乐
	RE(插装)	16~63	200~4000	35	<3	<1	派克
	AGMZO	10，25，32	200~600	31.5	<1.5	<2	阿托斯
比例减压阀（直动式）	DRE6	6	15	10	<3	<1	力士乐
	RZGO	6	12	32	<1.5	<2	阿托斯
比例减压阀（先导式）	DRE*	10，25，32	80，200，300	31.5	<2.5	<2	力士乐
	DW	10，25，32	150，250，350	35	<2.5	<2	派克
	AGRZO	10，20	160，300	31.5	<1.5	<2	阿托斯
比例流量阀（NG6.10）	2FRE6	6	25	21	<1	<1	力士乐
	DUR*06	6	18	21	<6	<2	派克
	QV*ZO	6，10	40，70	21	<5	<1	阿托斯

（续）

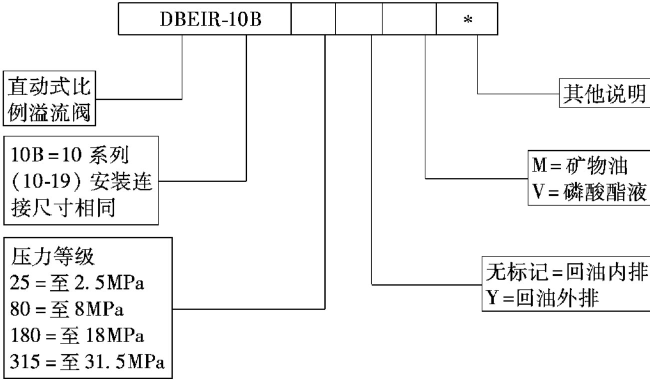
产品名称	型号	通径 /mm	流量范围 /L·min^{-1}	最高压力 /MPa	滞环 (%)	重复性 (%)	生产厂家
比例流量阀（NG10.16）	2FRE*	10，16	40，160	31.5	<1	<1	力士乐
	TDAEB(节流)	25	500	35	<4	<3	派克
	QVZ*	10，20	60，140	25	<5	<2	阿托斯
插装式比例节流阀	FES**	16～63	130～1800	31.5	<1	<1	力士乐
	TDA	16～63	220～2000	35	<3	<1	派克
	LIQ	16，25，32，50	330～1500	31.5	<5	<0.2	阿托斯
比例方向阀（直动式）	4WRA	6，10	43，65	31.5	<6	<3	力士乐
	D*FW	6	15	35	<6	<4	派克
	WL**10	10	40		<4	<2	
	D*ZO	6，10	30，60	35	<5	<2	阿托斯
比例方向阀（先导式）	4WRZ	10，16，25，32	270～1600	31.5	<6	<3	力士乐
	D*1F*	10，16，25，32	70～1000	35	<5	<2	派克
	DPZO	16，25	130，300	35	<5	<2	阿托斯
高频响比例方向阀	4WRSE	6，10	40，65	31.5	<0.1	<0.1	力士乐
	4WETE	10～35	70，1200				
	D*6FH	10，16，25	38～350	35	<0.1	<0.1	派克
	DLHZO	6，10	9，60	31.5	<0.1	<0.1	阿托斯

11　比例阀主要产品

11.1　比例压力阀主要产品

11.1.1　DBETR 型比例溢流阀

(1)　型号说明



(2)　技术参数（见表 22.12-8）

(3)　电气连接（见图 22.12-31）

(4)　外形尺寸（见图 22.12-32）

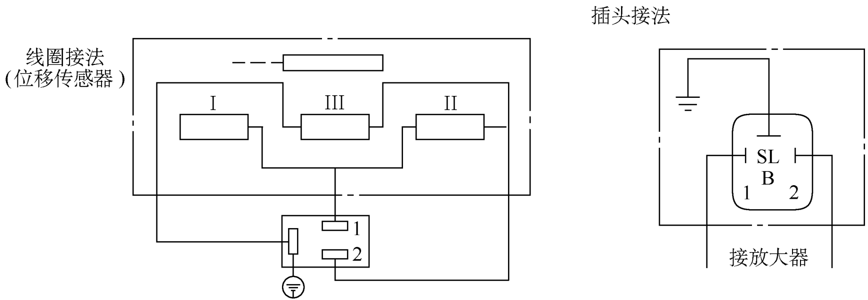


图 22.12-31　电气连接图

表 22.12-8　技术参数

最高设定压力/MPa	压力等级 25	2.5	
	压力等级 80	8	
	压力等级 180	18	
	压力等级 315	31.5	
最低设定压力/MPa		0.22 ~ 0.9	
最高工作压力/MPa	T 口(带压力调节)	0.2	
	T 口(不带压力调节)	10	
	P 口	31.5	
最大流量/L · min^{-1}	压力等级 25	10	
	压力等级 80	3	
	压力等级 180	3	
	压力等级 315	2	
过滤精度/μm		≤20(为延长寿命推荐 10)	
滞环(%)		<1 最高设定压力	
重复精度(%)		<0.5 最高设定压力	
线性度(%)	180 压力等级在 3MPa 和 18MPa 间 315 压力等级在 6MPa 和 31.5MPa 间	≤1.5 最高设定压力	
曲型变动(%)	阀	±3 最高设定压力	
	电控器	<0.5	
阶跃信号输入(%)		$p_{min}-p_{max}$ 响应时间/ms	$p_{max}-p_{min}$ 响应时间/ms
压力等级 2.5MPa 和 18MPa　0 ~ 100		100	50
压力等级 31.5MPa　0 ~ 100		150	100
介质		矿物油，磷酸酯液	
介质粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$		2.8 ~ 380	
介质温度/℃		-20 ~ +70	
安装位置		任选	
重量/kg		4	

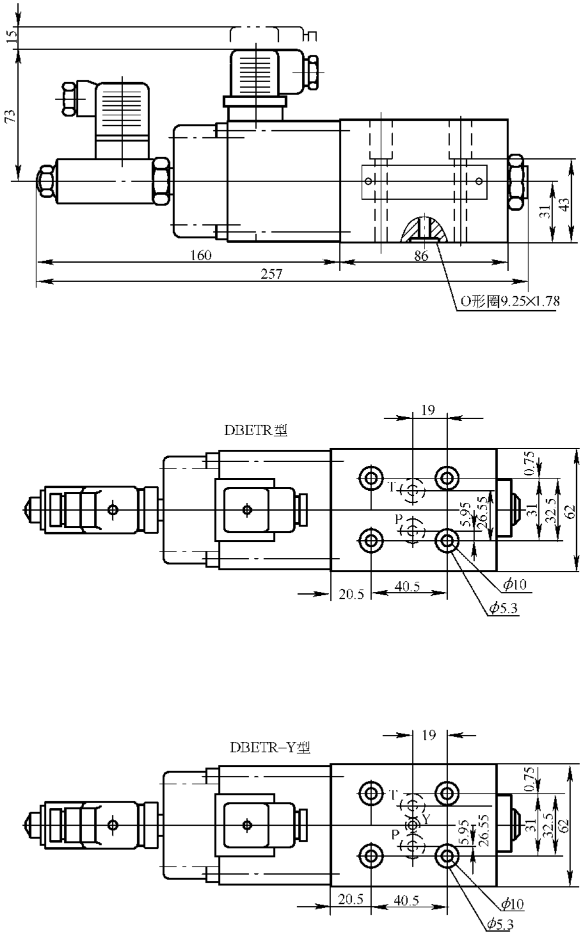


图 22.12-32　DBETR 型比例溢流阀外形尺寸

11.1.2　DBE 先导比例溢流阀

(1) 型号说明

(2) 结构及工作原理(见图 22.12-33)

DBE			-5X/		G24			*

比例溢流阀

无最高压力限制　=无代码
带最高压力限制　=M

外接电控器　=无代码
带集成电控器　=E

通径 10　=10
通径 25　=20
通径 32　=30

系列 50～59(通径 10、25)　=5X
系列 30～39(通径 32)　=3X

压力等级
至 5MPa　=50
至 10MPa　=100
至 20MPa　=200
至 31.5MPa　=315
至 35MPa　=350

先导油内供外排　=Y
先导油外供外排　=XY

其他细节用文字说明

M=　丁腈橡胶密封，适用于矿物油 (HL, HLP)按 DIN 51 524
V=　氟橡胶密封

K4=　型号 DBE；DBEM 电气接线带插座，按 DIN43650-AM2 不带插头 插头需单独订货

K31=　型号 DBEE；DBEME 带插座 按 EDIN43563-AM6-3 不带插头 插头需单独订货

G24=　电控器电源 24V DC

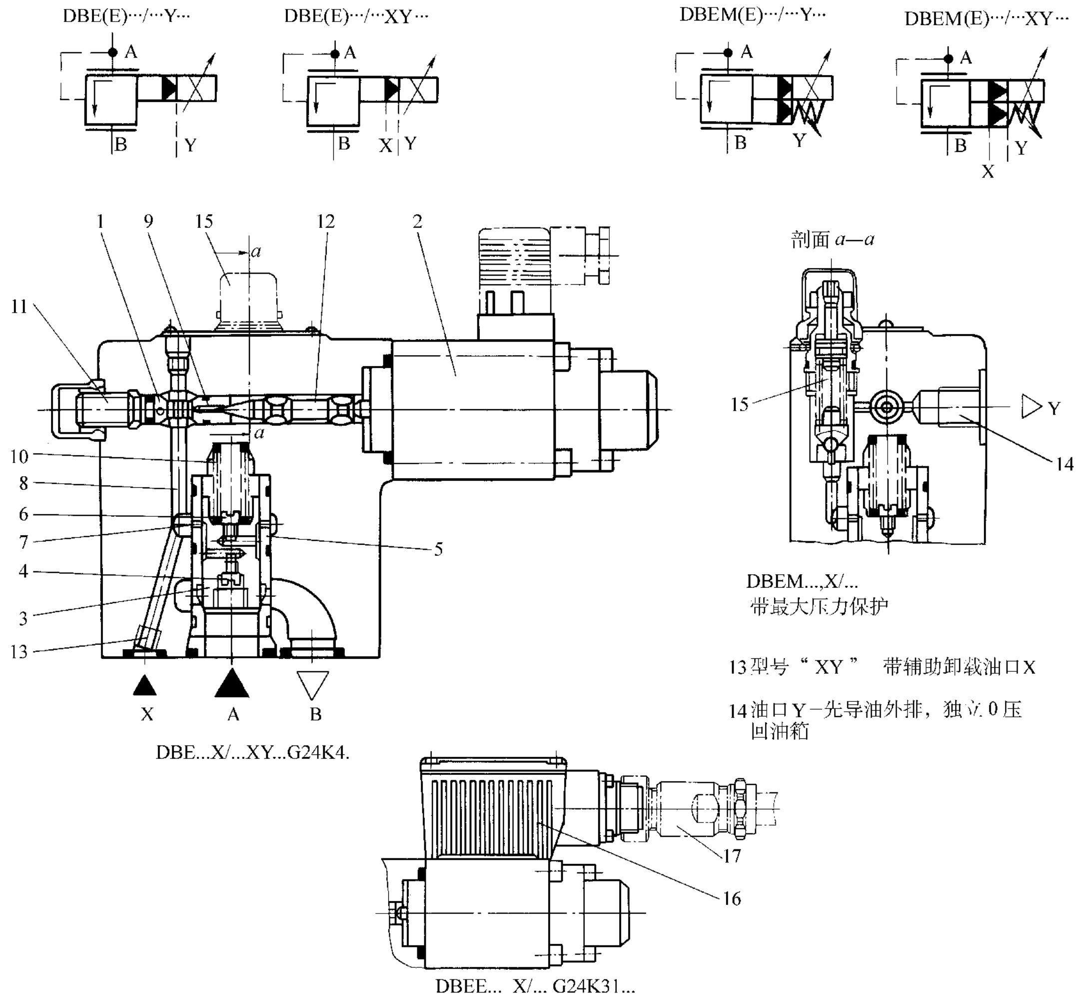


图 22. 12-33　DBE 先导比例溢流阀结构及工作原理

DBE 与 DBEM 型阀为先导控制比例溢流阀，用来限制液压系统压力。利用这类阀，就可根据输入的电信号来调节系统压力。阀主要由装在阀套中的先导阀 1、比例电磁铁 2 和主阀芯 3 组成。

型号 DBE…

A 口压力作用于主阀芯 3 底部，同时通过节流口 4、环形腔 5 和节流口 6，压力也作用于主阀芯 3 的弹簧加载面。先导提升阀 12 上的液压力通过半圆孔 7、控制孔 8 和节流口 9 来抵消比例电磁铁 2 设定的输出力，如果液压力超过比例电磁铁的输出力，先导提升阀 12 打开。由于先导油通过油口 Y 回流油箱，节流口 4 产生压降，并克服(回动)弹簧(10)力提升主阀芯。A 口与 B 口之间的油路连通，不再有压力升高，阀通过油口 X13 卸荷并限制最大压力。

型号 DBEM…

可选用附加的弹簧加载先导阀 15 来限制最大压力(冗余压力保护功能)。

建议选用此类型阀(使用此类型阀时,参考说明)。

型号 DBEE、DBEME(带集成电控器)

除电控器之外，本类型阀功能设计与 DBE、DBEM 类型阀基本一致。电控器位于壳体 16 中通过插入式插头 17 接收电源与命令值。

设定值-压力特性曲线(阀座 11 的零点和调节电位器(R30)的增益)是厂家按制造公差最小的原则预先设定的。

压力增加/减小时斜坡发生时间调节电位器可分别独立调节。

(3) 技术参数(见表 22.12-9)

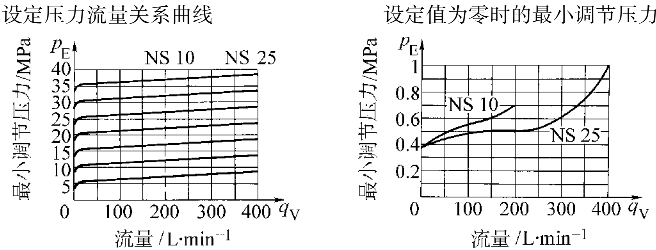
表 22.12-9　DBE 先导比例溢流阀技术参数

(对于超出这些参数的应用,请向博世力士乐公司询问!)				
液压(在 $\nu=40\text{mm}^2/\text{s}$ 及 $t=50℃$ 下测得)		NS10	NS25	NS32
最高工作压力	油口 A,B,与 X　/MPa	35		
	油口 Y	单独零压回油箱		
最高设定压力	压力等级　5MPa　/MPa	5		
	压力等级　10MPa　/MPa	10		
	压力等级　20MPa　/MPa	20		
	压力等级　31.5MPa　/MPa	31.5		
	压力等级　35MPa　/MPa	35		
零输入时最小设定压力　/MPa		见特性曲线		
最高安全压力(无级调节)		调节范围:	出厂时设定值:	
	压力等级　5MPa　/MPa	3~7	7MPa	
	压力等级　10MPa　/MPa	5~13	13MPa	
	压力等级　20MPa　/MPa	9~23	23MPa	
	压力等级　31.5MPa　/MPa	15~35	35MPa	
	压力等级　35MPa　/MPa	20~39	39MPa	
最大流量/$\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$		200	400	600
先导流量/$\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$		0.5~1.8	0.5~2.1	0.7~2
油液		矿物油(HL,HLP)按 DIN 51 524,选用其他油液请咨询博世力士乐公司		
油液温度范围/℃		-20~80		
粘度/$\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$		-15~380		
污染度等级		油液最高污染等级　我们推荐过滤器最小过滤比 按 NAS 1638 9 级　$\beta_x \geqslant 75$ $x=10$		
滞环(见设定值压力特性曲线)(%)		最高压力调节值的 ±1.5		
重复精度(%)		小于最高压力调节值的 ±2		
线性度(%)		最高压力调节值的 ±3.5		
制造误差引起的设定值-压力特性曲线偏差参照压力升高时的滞环特性曲线	DBE 与 DBEM(%)	最高压力调节值的 ±2.5		
	DBEE 与 DBEME(%)	最高压力调节值的 ±1.5		
阶跃响应　T_u+T_g	0%→100%/ms	150	取决于流量及系统管道容积(在 A)	
	100%→0%/ms	150		
电气				
电源		24VDC		
最小控制电流/mA		100		

（续）

最大控制电流	DBE 与 DBEM/mA	1600
	DBEE 与 DBEME/mA	1440～1760
线圈电阻	20℃下测得/Ω	5.4
	最大值/Ω	7.8
通电率(%)		100
阀保护类型，按 DIN 40 050		IP65
电控器 —对 DBEE 与 DBEME		集成在阀中
对 DBE 与 DBEM		
● 欧洲卡规格放大器 (单独订货)	模拟	VT-VSPA1-1
	数字	VT-VSPD-1

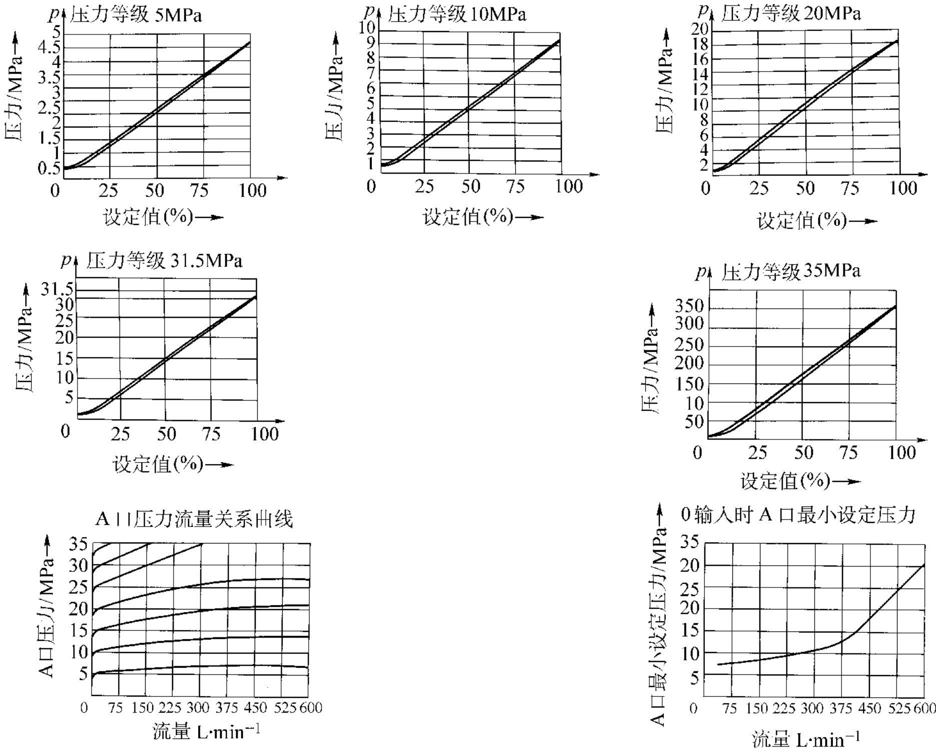
（4）特性曲线(见图 22.12-34，在 $\nu=41\mathrm{mm}^2/\mathrm{s}$ 及 $t=50℃$ 下测得)



特定曲线适用于 B 口输出压力为 0 时，覆盖所有流量范围。

注：为取得最小调节压力，偏置电流不得超过 100mA。

设定值-压力特性曲线(流量为 27L · min⁻¹时测得)



注：为取得最小设定压力，偏置电流不得超过 100mA。

图 22.12-34 DBE 先导比例溢流阀特性曲线

A 口压力设定值关系曲线
(在流量为 27L · min^{-1}下测得)

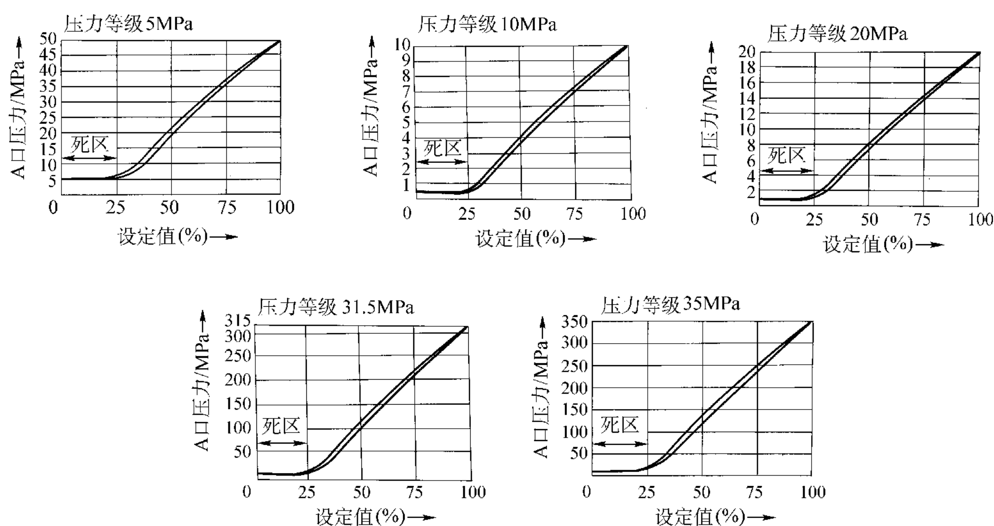
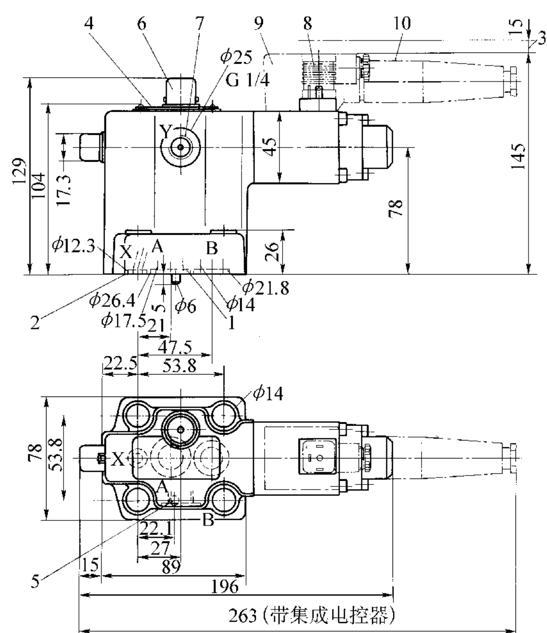


图 22. 12-34　DBE 先导比例溢流阀特性曲线(续)

(5) 外形尺寸(见表 22. 12-10)

表 22. 12-10　DBE 先导比例溢流阀外形尺寸

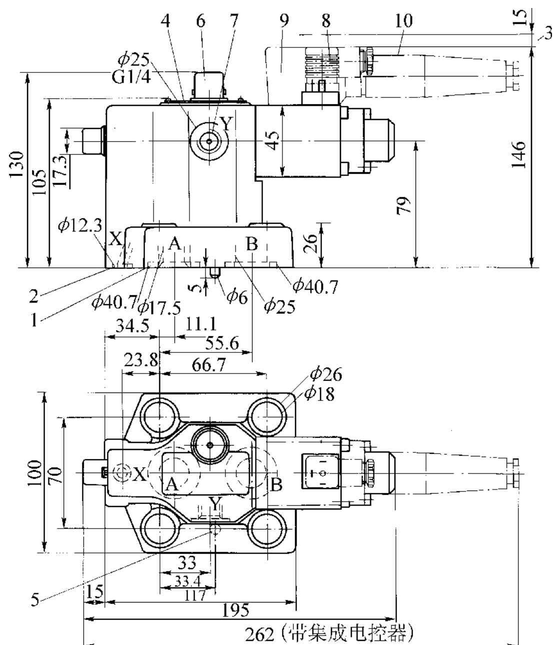
NS10



1—R 形圈，适用于油口 A：22. 53 ×2. 3 ×2. 62
　R 形圈，适用于油口 8：17. 56 ×2. 4 ×2. 62
2—R 形圈，适用于油口 X：9. 81 ×1. 5 ×1. 78
3—移除插头所需空间
4—铭牌
5—定位螺钉
6—最大压力限制(型号 DBEM,DBEME)
　使用此类阀时，参考说明
7—先导油外排，单独零压回油箱
8—插头，按 DIN 43 650-AF2/Pg11 单独订货
9—带插座的集成电控器(型号 DBEE,DBEME)
10—插头，按 E DIN 43 563-BF6-3/Pg11
　阀固定螺栓：M12 ×15 DIN 912-10. 9；M_A =70 N · m

（续）

NS25



1—R 形圈，适用于油口 A，B：34.52×3.53×3.53

2—R 形圈，适用于油口 X：9.81×1.5×1.78

3—移除插头所需空间

4—铭牌

5—定位螺钉

6—最大压力限制(型号 DBEM，DBEME)
　使用此类阀时，参考说明

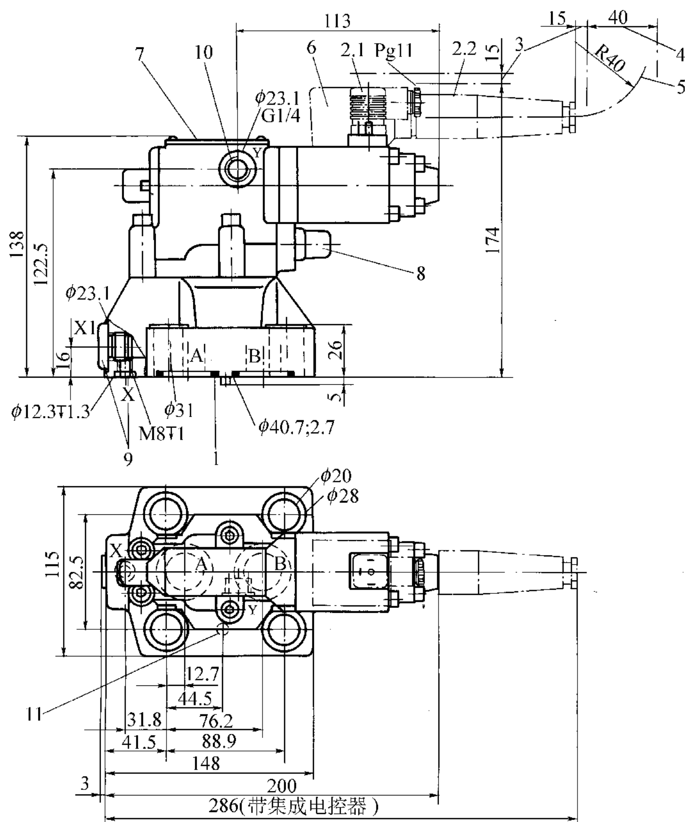
7—先导油外排，单独零压回油箱

8—插头，按 DIN 43 650-AF2/Pg11 单独订货

9—带插座的集成电控器(型号 DBEE，DBEME)

10—插头，按 E DIN 43 563-BF6-3/Pg11
　阀固定螺栓：M16×50 DIN 912-10.9；M_A=70N·m

NS32



1—油口 A、B 的 R 形圈：34.52×3.53×3.53，油
　口 X 的 R 形圈：9.81×1.5×1.78

2.1—插头，按 DIN 43 650-AF2/Pg11(单独订货)

2.2—插头，按 E DIN 43 563-BF6-3/Pg11

3—移除插头所需空间

4—移除插头时电线弯曲半径所需空间

5—电线弯曲半径

6—带插座的集成电控器适用于型号 DBEE，DBEME

7—铭牌

8—最大压力限制(型号 DBEM，DBEME)

9—先导油外供可选 X 口或 X1 口

10—先导油外排，单独零压回油箱

11—定位螺钉 φ6mm

阀固定螺钉：

M18×50 DIN 912-10.9；M_A=160 N·m

11.1.3　EDG 比例溢流阀

（1）型号说明（见表 22.12-11、表 22.12-12）

表 22.12-11　EDG 比例溢流阀型号说明

ED	G	-01	V
系列号	安装型式	阀规格	适用控制方式（注 1）
ED：电液比例先导式溢流阀	G：底板安装	01	无：通用 V：溢流阀的泄压控制（如不需要可省略）

-C	-1	-PN	T13	-50
压力调整范围/MPa	安全阀	P 口节流	T 口节流	设计号
B：0.5~7 C：1~16 H：1.2~25	无：不带安全阀 1：带安全阀	PN：无节流孔（标准）	（注 2）T15 T13 T11	50

注：1. 当将阀用作泄压控制时，由于管路容积的限制，节流孔需进行调节。

2. T 油路节流孔标准

压力调节范围 B：T15，C：T13，H：T11。

用于先导阀时的节流与标准节流不同。

表 22.12-12　EDG 比例溢流阀型号说明

EB	G	-03	-C	-T	-50
系列号	安装型式	阀规格	压力调整范围/MPa	安全阀	设计号
EB：电液比例溢流阀	G：底板安装	03 06 10	C：*~16 H：*~25 （注）	无：带安全阀 T：不带安全阀	50

*　最低调整压力参见压力特性曲线。

（2）技术参数（见表 22.12-13）

（3）特性曲线（见图 22.12-35）

（4）外形尺寸（见表 22.12-14）

表 22.12-13　EDG 比例溢流阀技术参数及特性

名称＼型号	EDG-01	EBG-03	EBG-06	EBG-10
最高工作压力/MPa	25	25	25	25
最大流量/L·min^{-1}	2	100	200	400
最小流量/L·min^{-1}	0.3	3	3	3
压力调节范围/MPa	参见型号说明			
额定电流/mA	B：800 C：900 H：950	C：700 H：820	C：720 H：800	C：730 H：780
线圈电阻 Ω	10	10	10	10
滞环	小于 3%	小于 2%	小于 2%	小于 2%
重复性	1%	1%	1%	1%
重量/kg	2	5.6	6.3	10

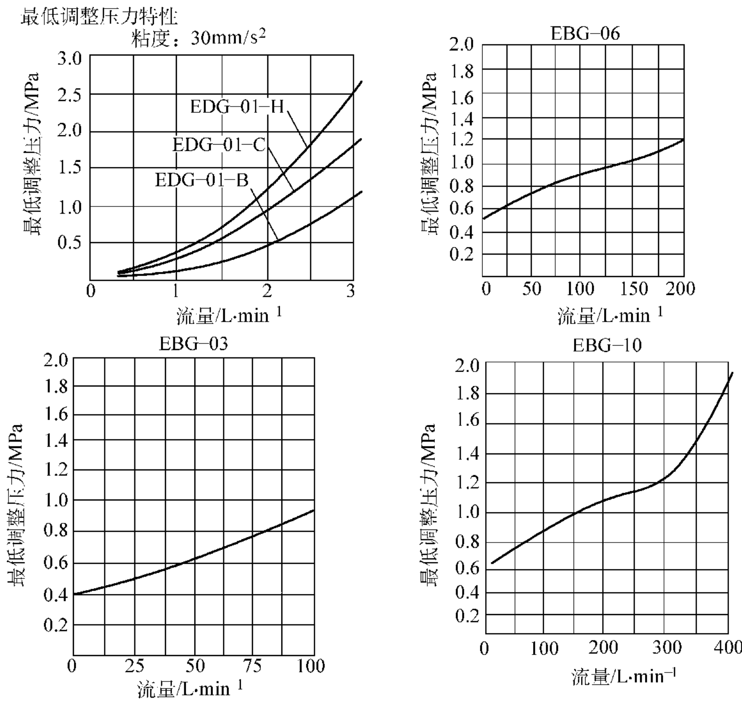
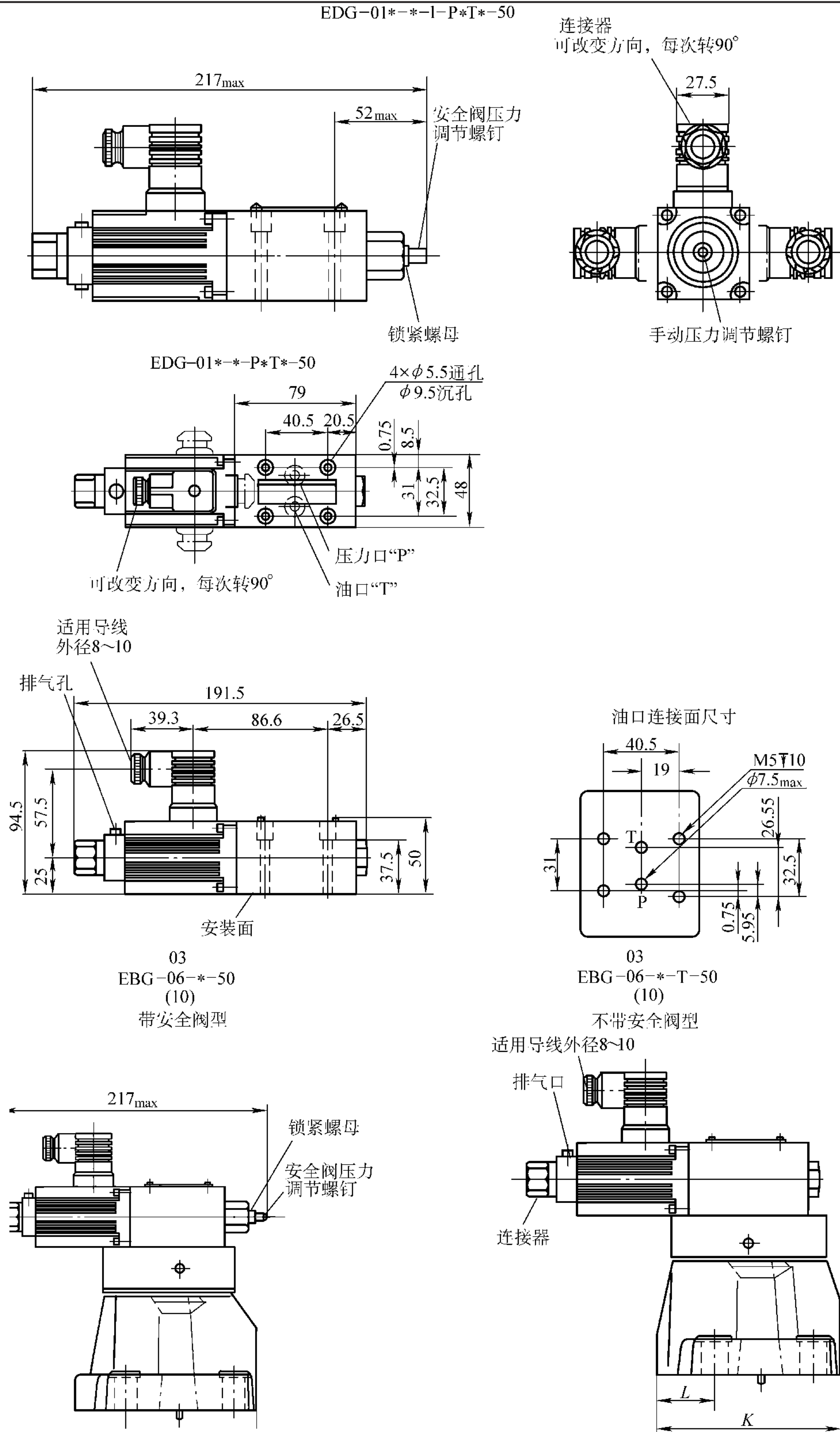
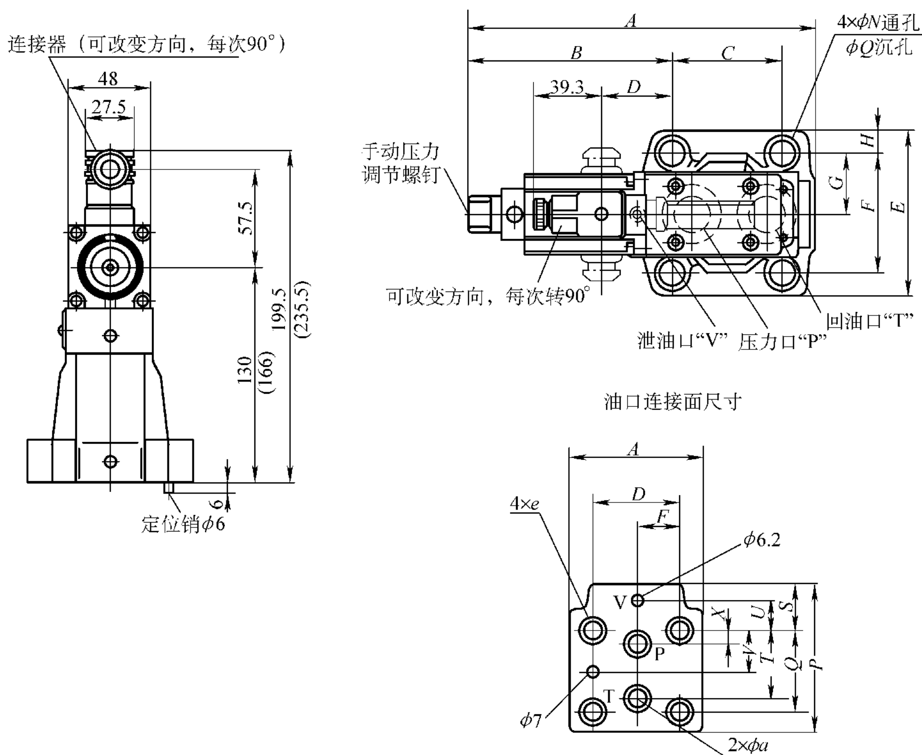


图 22.12-35　EDG 比例溢流阀特性曲线

表 22.12-14　EDG 比例溢流阀外形尺寸　（mm）



（续）



型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	N	Q
EBG-03	198.5	113.6	53.8	40.2	76	53.8	26.9	11.1	106	26.1	13.5	21
EBG-06	206.5	120.5	66.7	42.1	98	70	35	14	122	36	17.5	26
EBG-10	217	102	88.9	23.6	120	82.6	41.3	18.7	155	45	21.5	32

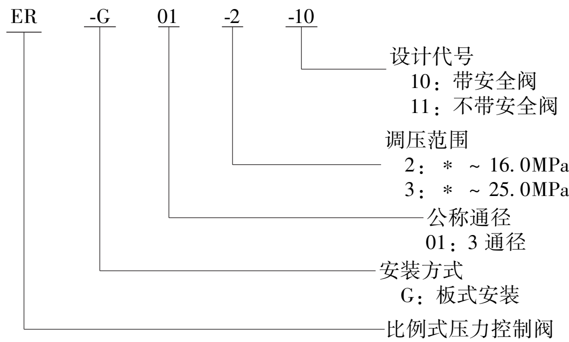
型　　号	A	D	F	P	Q	S	T	U	V	X	a	e
EBG-03	86	53.8	26.9	97	53.8	19	47.5	0	22.1	22.1	14.5	M12-深 20
EBG-06	108	70	35	121	66.7	37	55.6	23.8	33.4	11.1	23	M16-深 25
EBG-10	126	82.6	41.3	154	88.9	42	76.2	31.8	44.5	12.7	28	M20-深 28

生产厂：榆次油研液压有限公司。

11.1.4　ER 比例溢流阀

（1）ER-G01 比例溢流阀

1）型号说明



2）技术规格(见表22.12-15）

3）特性曲线(见图22.12-36)

表22.12-15 ER-G01比例溢流阀技术规格

型号	最高压力/MPa	最大流量/L·min⁻¹	最小流量/L·min⁻¹	压力调整范围	额定电流/mA	线圈电阻/Ω	滞环(%)	重复性(%)	重量/kg
ER-G01-*-10	25.0	2	0.3	2：* ~16.0MPa	900	10	<3	1	2
				3：* ~25.0MPa	950				

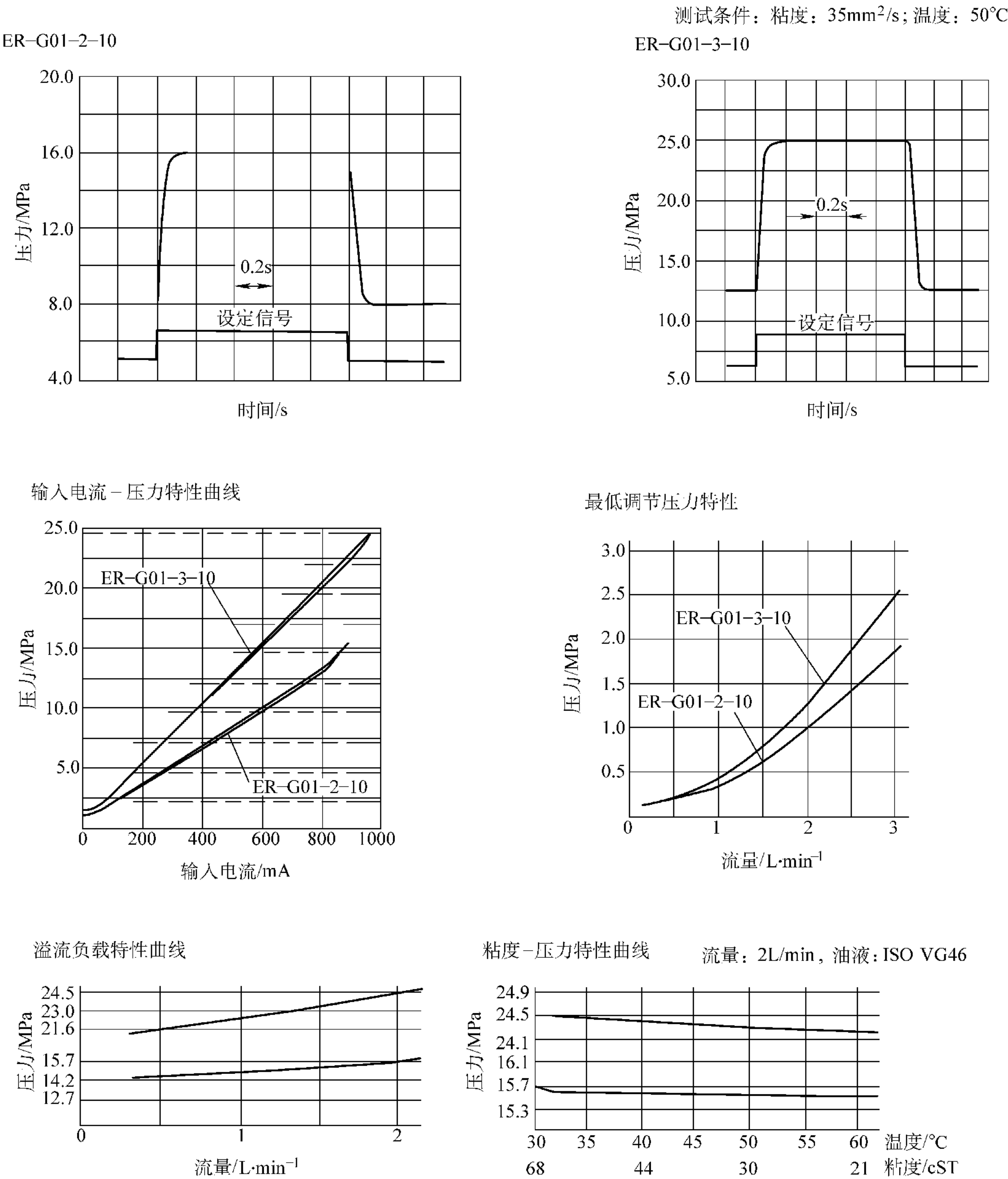


图22.12-36 ER比例溢流阀特性曲线

4）安装尺寸(见图22.12-37)

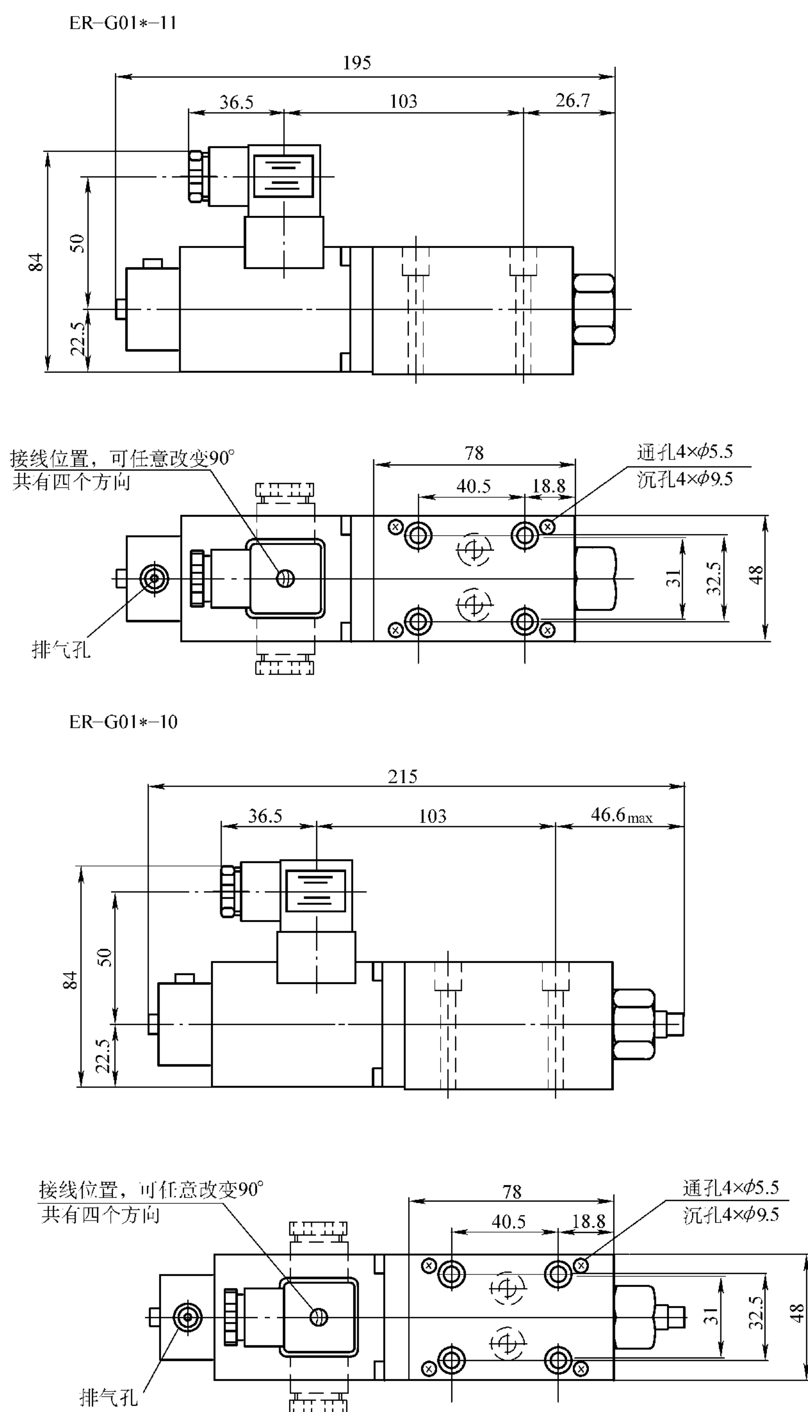


图 22. 12-37　ER 比例溢流阀安装尺寸

（2） ER-G03 比例溢流阀

1） 型号说明

2） 技术规格(见表 22. 12-16)

3）特性曲线(见图 22. 12-38)

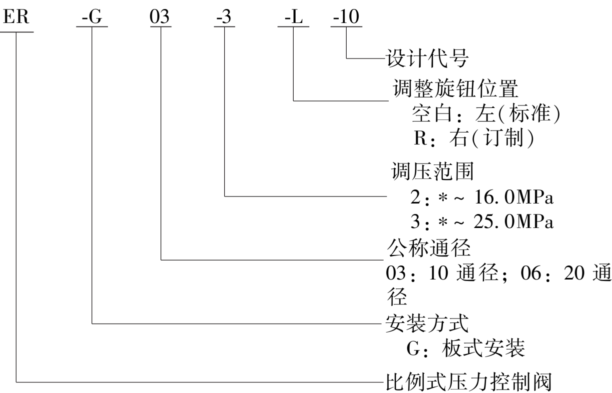
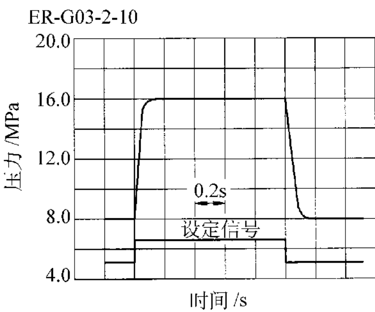
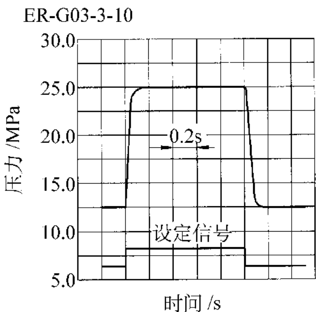


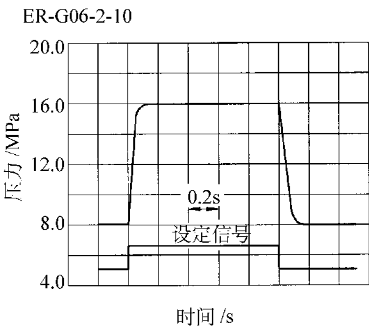
表 22.12-16 ER-G03 比例溢流阀技术规格

型号	ER-G03-*-10	ER-G06-*-10
最高工作压力/MPa	25.0	25.0
最大流量/L·min^{-1}	100	200
压力调节范围	2：*～16.0MPa 3：*～25.0MPa	2：*～16.0MPa 3：*～25.0MPa
额定电流 /mA	770(*～16.0MPa 时) 820(*～25.0MPa 时)	750(*～16.0MPa 时) 800(*～25.0MPa 时)
线圈电阻/Ω	10	10
滞环性(%)	<2	<2
重复性(%)	1	1
重量/kg	5.6	6.3

测试条件：粘度：35mm^2/s；温度：50℃







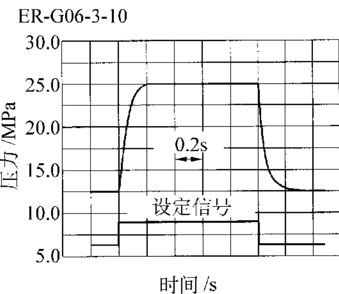
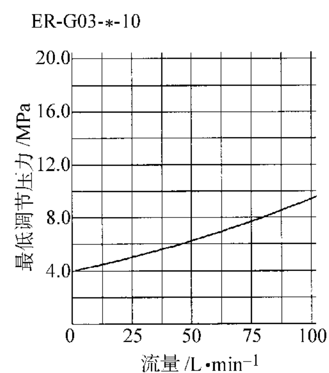
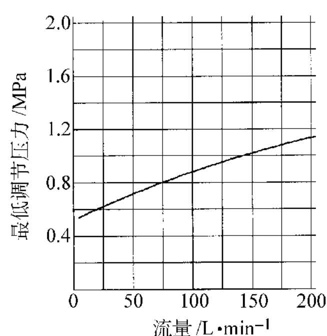


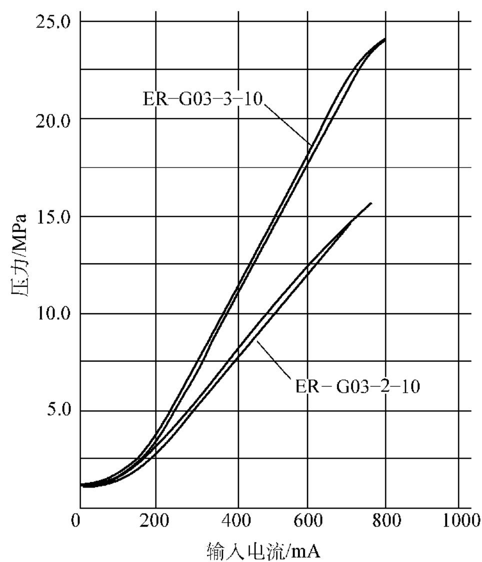
图 22.12-38 ER-G03 比例溢流阀特性曲线

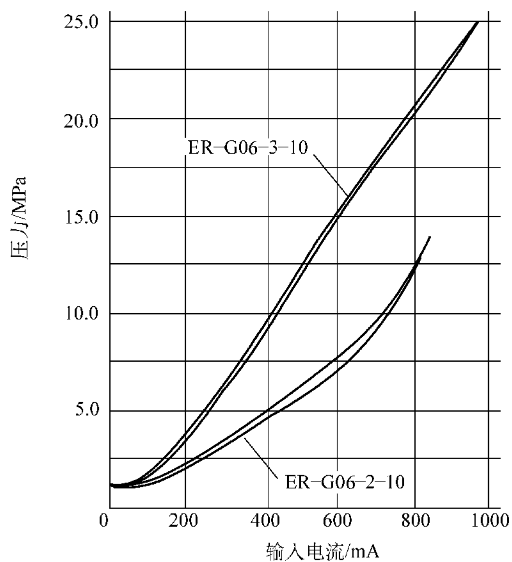
最低调整压力特性



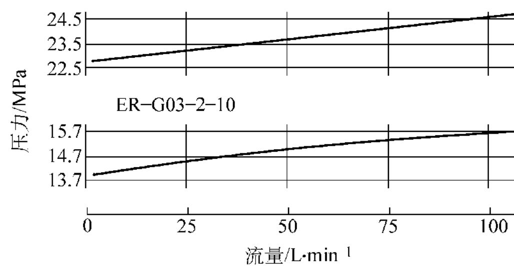
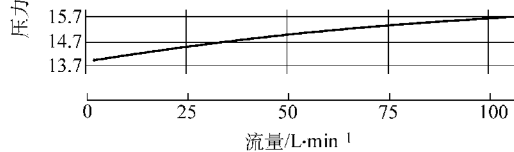


输入电流-压力特性





溢流负载特性曲线

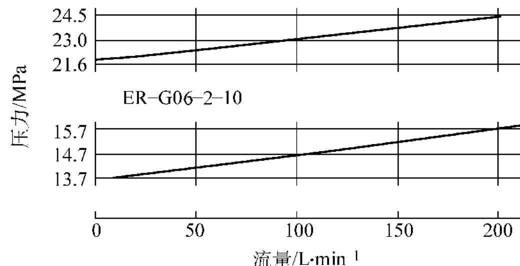
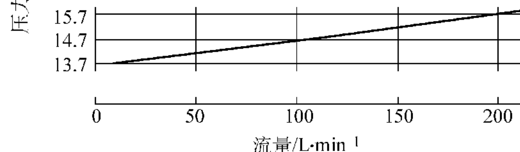



图 22. 12-38　ER-G03 比例溢流阀特性曲线(续)

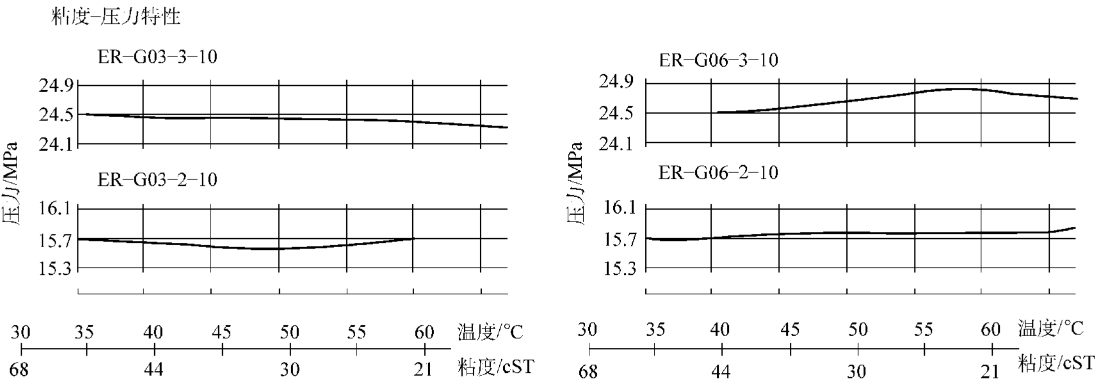
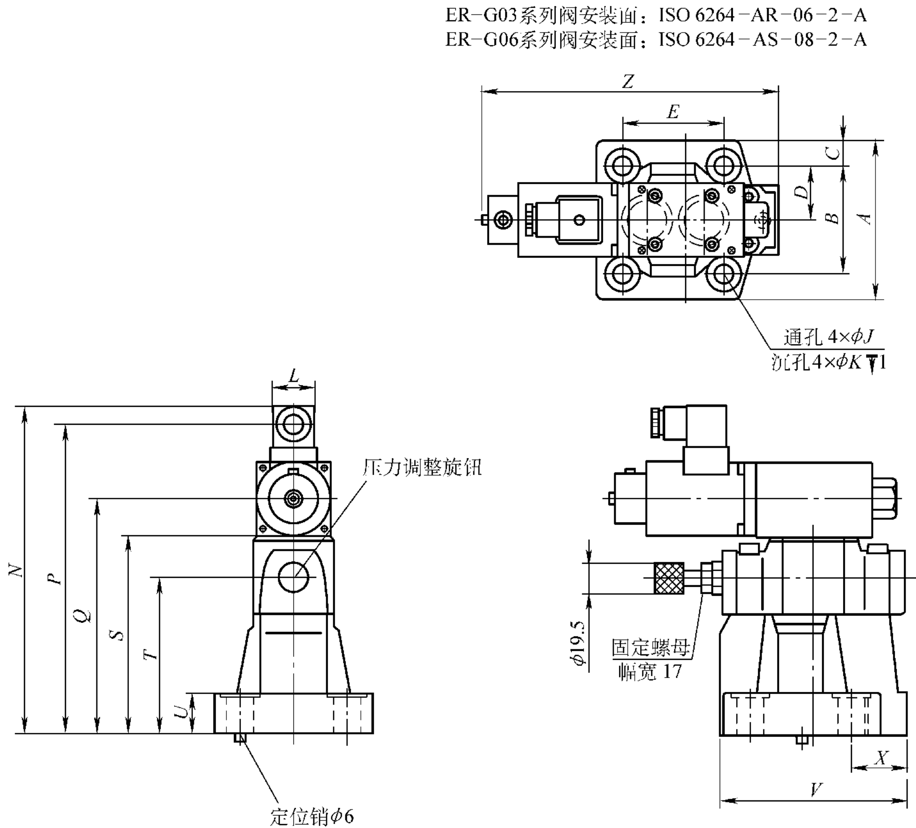


图 22.12-38　ER-G03 比例溢流阀特性曲线(续)

4）安装尺寸(见表 22.12-17)

表 22.12-17　ER-G03 比例溢流阀安装尺寸　(mm)



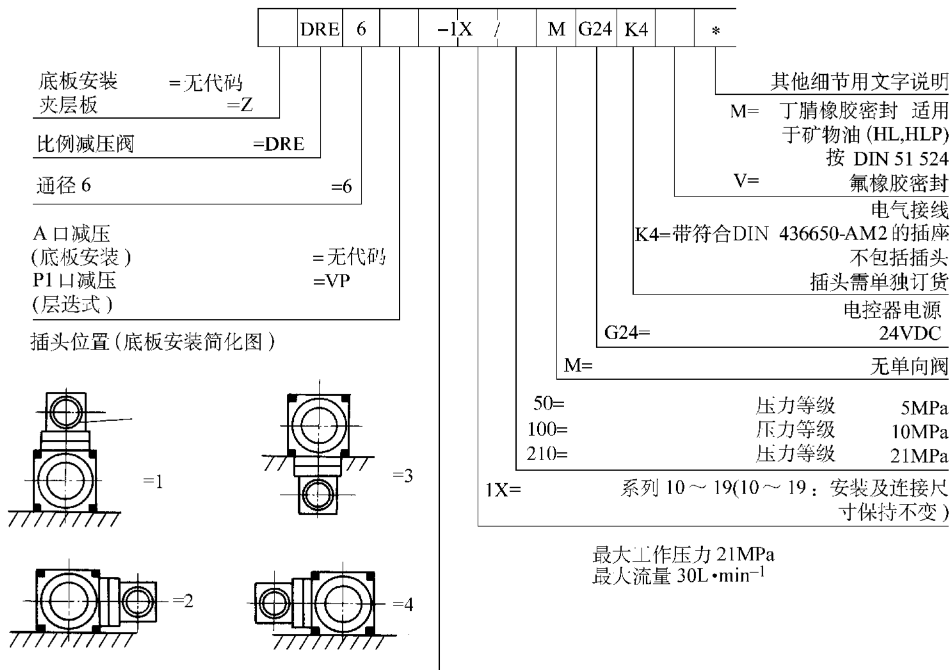
型　号	A	B	C	D	E	J	K	L	N	P	Q	S	T	U	V	X	Z
ER-G03-＊-10	76	53.8	11.1	26.9	53.8	13.5	21	48	220.5	206.8	157	132	104	22	106	26	197
ER-G06-＊-10	104	70	17	35	66.7	17.5	25	48	220.5	206.8	157	132	104	27	123	36.5	197

（续）

安装附件			
零 件 名 称	ER-G03-＊＊-10	ER-G06-＊＊-10	数　　量
内六角螺钉	M12×40L	M16×50L	4
安装面 O 形环	JIS B 2401-1B-P9	JIS B 2401-1B-P9	1
	JIS B 2401-1B-P18	JIS B 2401-1B-P32	2
安装阀板	MF-04 系列	MF-06 系列	

11.1.5　DRE 比例减压阀

（1）型号说明



① 阀安装平面(阀体上的 R 形圈沉孔)

型号 DRE6

A　T　P

型号 ZDRE 6 VP...

夹层板符号：

① = 元件面

② = 底板面

P　A　②　B　T

（2）结构及工作原理(见图 22.12-39)

DRE 及 ZDRE 型阀为先导式、电控三通减压阀，对执行器具有压力保护功能。它们用来降低系统压力。

结构：阀由以下三个主要部件组成：

- 先导控制阀 1。
- 比例电磁铁 2。
- 主阀 3，带主阀芯 4。

功能：型号 DRE 6

功能概述：

- 设定值通过调节比例电磁铁 2 实现 A 口的压降。

● P 口卸压时，弹簧 18 将主阀芯 4 保持在起始位置。

● 四孔 A 口和 T 口接通，P 口与 A 口之间的油路关闭。

● 油液压力从 P 口传到环形腔 5。

● 先导油从孔 6 流到 T 口，中间经过流量控制器 7，先导阀 1 和节流器 8，节流环隙 9，长槽 10 和孔 11、12。

减压：

● 根据设定值在控制腔 17 中建立先导压力。

● 主阀芯 4 右移将使油液从 P 口流到 A 口。

● A 口的执行器侧压力通过管路 13 和节流器 14 作用于弹簧腔 15。

● A 口压力增加到先导阀 1 的设定值时，主阀芯 4 左移，使得 A 口压力接近先导阀 1 的压力调节值。

压力保护功能：

● 如果 A 口压力超过先导阀 1 的调节压力，主阀芯 4 移到左边。

● 这样，A 口和 T 口之间的油路接通，A 口压力被限制到调节值。

型号 ZDRE6：本型号阀的功能在原理上和 DRE6 型的一样，P1 口减压。

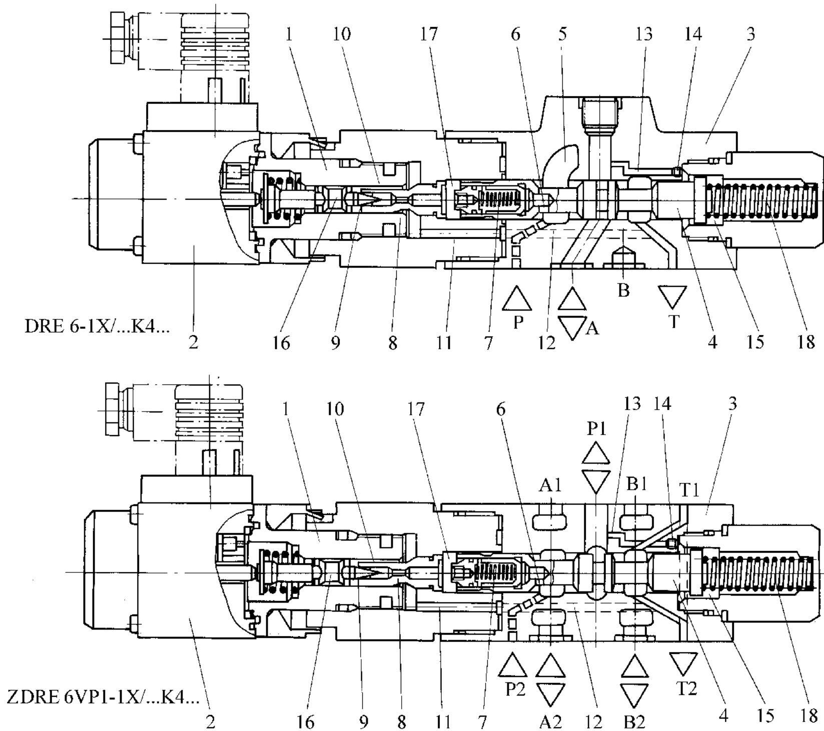


图 22.12-39　DRE 比例减压阀结构及工作原理

（3）技术参数(见表 22.12-18)

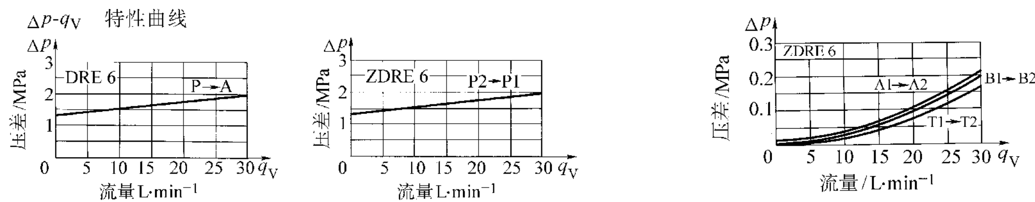
（4）特性曲线(见图 22.12-40，在 $\nu=46\text{mm}^2/\text{s}$ 及 $t=40℃$ 下测得)

表 22.12-18　DRE 比例减压阀技术参数

项目		参数
液压(在 $\nu=46\text{mm}^2/\text{s}$ 及 $t=40$ ℃下测得)		
电气		
电压类型		DC
最小先导电流/mA		100
最大先导电流/mA		1600
线圈电阻	20℃下测得/Ω	5
	最大值/Ω	7.5
通电率		连续
电气接线		带符合 DIN 43 650-AM2 的插座
1）单独订货		插头按 DIN 43 650-AF2/Pg11

（续）

项目		数值	
保护类型，按 DIN 40 050		IP65	
电控器			
—欧洲卡规格放大器 （单独订货）	模拟	VT-VSPA1(K)-1	
	数字	VT-VSPD-1	
—模块化设计放大器(单独订货)	模拟	VT 11 132	
最大工作压力	P 与 P2 口　/MPa	31.5	
	P1，A 与 B 口　/MPa	21	
	T 口　/MPa	单独零压回油箱	
P1，A 口最高调节压力	压力等级 50　/MPa	5	
	压力等级 100　/MPa	10	
	压力等级 210　/MPa	21	
零输入下 P1，A 口最小调节压力/MPa		见特性曲线	
先导油流量/$L \cdot min^{-1}$		0.65	
最大流量/$L \cdot min^{-1}$		30	
油液		矿物油(HL,HLP)按 DIN 51 524 选用其他油液请咨询博世力士乐公司	
污染度等级		油液最高污染等级 按 NAS 1638	我们推荐过滤器最小过滤比 $\beta_x \geqslant 75$
		9 级	$x=10$
油液温度范围/℃			
粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$			
滞环(%)		最高调节压力的 ±2	
重复精度(%)		小于最高调节压力的 ±2	
线性度(%)		最高调节压力的 ±3.5	
制造误差引起的设定值-压力特性　(%) 曲线偏差，参照压力升高时的滞后特性曲线		最高调节压力的 ±1.5	
阶跃响应　T_u+T_g (在 0.2 至 5 升标准流量下测得)			
	10%→90%/ms	200(无压力脉动)	
	90%→10%/ms	200(无压力脉动)	



注：Δp 显示值为 P 口最小压力(p_2)减去 A 口最大调节压力(p_1)

P1 口或 A 口压力与设定值关系曲线

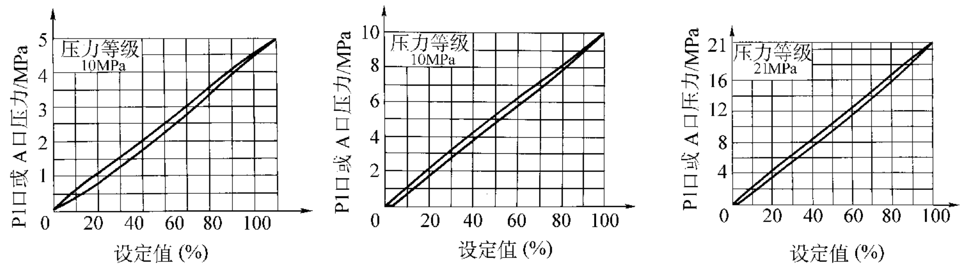
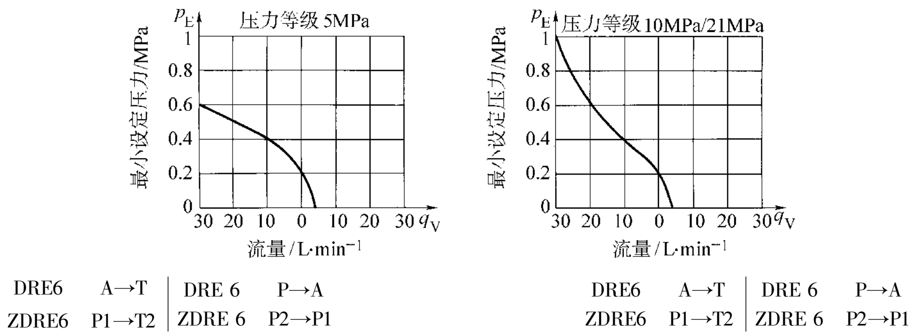


图 22.12-40　DRE 比例减压阀特性曲线

零设定值输入时P1或A口最小调节压力（T或T1口无背压）



P1或A口压力-流量

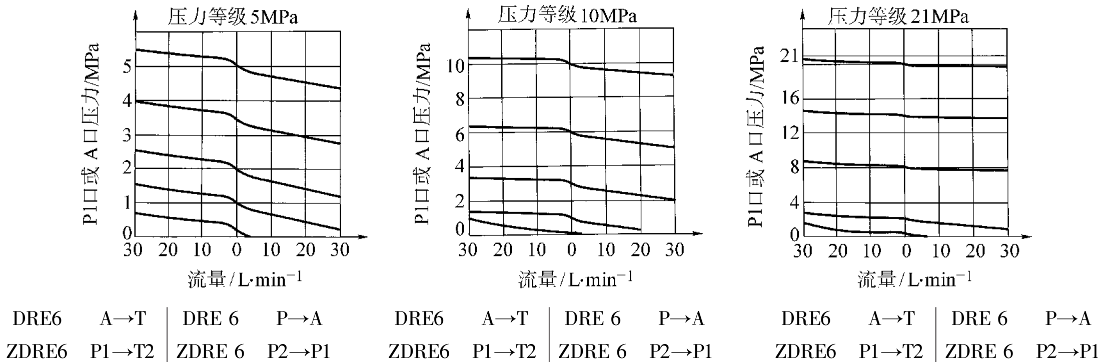
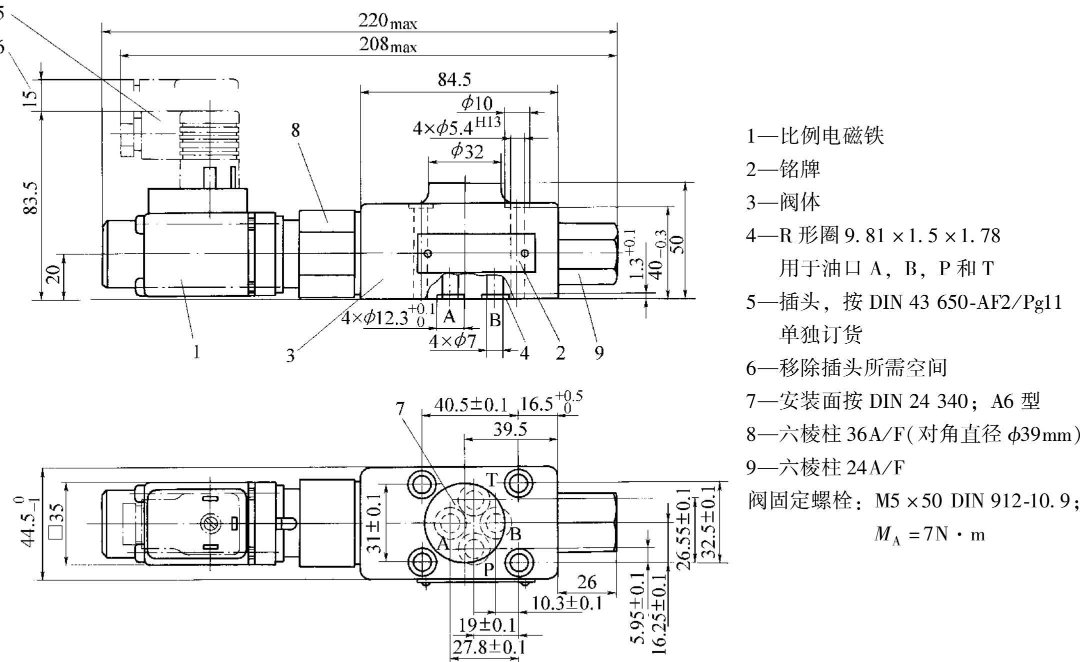


图22.12-40　DRE比例减压阀特性曲线（续）

（5）外形尺寸（见图22.12-41）

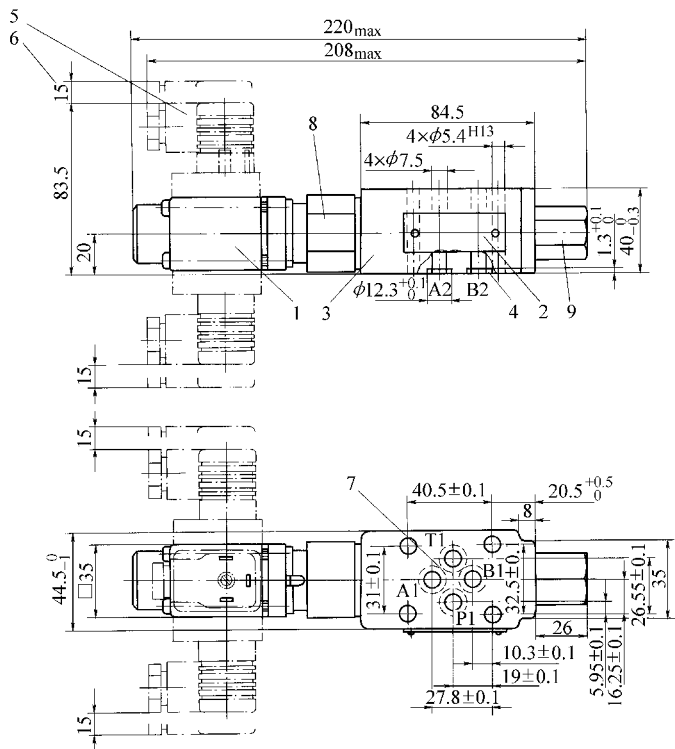
型号DRE6



1—比例电磁铁
2—铭牌
3—阀体
4—R形圈9.81×1.5×1.78
　用于油口A，B，P和T
5—插头，按DIN 43 650-AF2/Pg11
　单独订货
6—移除插头所需空间
7—安装面按DIN 24 340；A6型
8—六棱柱36A/F（对角直径φ39mm）
9—六棱柱24A/F
阀固定螺栓：M5×50 DIN 912-10.9；
　M_A=7N·m

图22.12-41　DRE比例减压阀外形尺寸

型号 ZDRE6



1—比例电磁铁
2—铭牌
3—阀体
4—R 形圈 9. 81 × 1. 5 × 1. 78
用于油口 A2，B2，P2 和 T2
5—插头，按 DIN 43 650-AF2/Pg11
单独订货
6—移除插头所需空间
7—安装面按 DIN 24 340；A6 型
8—六棱柱 36A/F（对角直径 φ39mm）
9—六棱柱 24A/F
阀固定螺栓：M5 DIN 912-10. 9；
M_A = 7N · m

图 22. 12-41　DRE 比例减压阀外形尺寸(续)

11. 2　比例流量阀产品

11. 2. 1　2FRE6 比例流量阀

(1) 型号说明

2FRE	6	-2X/	K4		V	*

通径 6　=6

压力补偿带外控关闭　=A
(抑制起动超调
压力补偿器不带外控关闭)　=B

系列 20 至 29　=2X
(20～29:安装和连接尺寸保持不变)

流量范围→B
线性：至 1L/min　=1L
至 2L/min　=2L
至 8L/min　=8L
递增型：至 3L/min　=3Q
至 6L/min　=6Q
至 10L/min　=10Q
至 16L/min　=16Q
至 25L/min　=25Q
递增型带快速反馈
精密调节范围 2L/min　=2QE

K4 =　电器连接
带插座按 DIN43 650-AM2
用于比例电磁铁，和 GSA20
(Hirschmann)制造，用于位移传感器
不带插头
连接插头—需单独订货

R =　带单向阀
M =　不带单向阀

V =　氟橡胶密封件
适用于矿物油(HL,HLP)按 DIN 51 524

其他细节用文字说明

（2）机能符号(见表 22.12-19)

表 22.12-19　2FRE6 比例流量阀机能符号

型号	2FRE 6 B-2X/…M	2FRE 6 B-2X/…R	2FRE 6 A-2X/…M	2FRE 6 A-2X/…R
简图	A　B	A　B	A　B　P	A　B　P
详图	A　B	A　B	A　B　P	A　B　P

（3）结构及工作原理(见图 22.12-42)

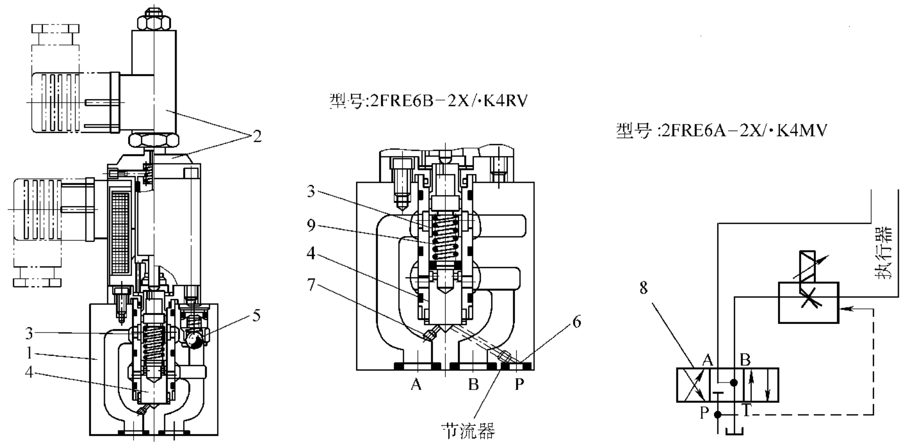


图 22.12-42　2FRE6 比例流量阀结构

2FRE 6…型比例流量控制阀具有二通功能。它们能根据提供的电信号值输出与压力和温度无关的相应流量，其组成主要包括壳体 1、比例电磁铁和感应式位移传感器 2、检测节流器 3、压力补偿器 4 及可选择的单向阀 5。

比例流量控制阀 2FRE 6 B-2X/·K4RV(不带外部关闭,带单向阀)流量的设定(0% 至 100%)在设定值电位器上确定。应用的设定值通过放大器以及比例电磁铁调节检测节流器 3。检测节流器 3 的位置由感应式位移传感器测得。与设定值的任何偏差通过反馈控制来补偿，压力补偿器 4 保持在检测节流器 3 上的压降为常数。因此，流量得到负载补偿。由于检测节流器的机构设计，只有很小的温度漂移。设定值为 0% 时，检测节流器关闭。在供电过低或者位移传感器的电缆断裂时，检测节流器关闭。设定值为 0% 时，无超调起动是可能的。通过在比例放大器设置两个斜坡来消除起动和关闭时的超调。经过单向阀 5，从 B 至 A 可自由流动，通过在比例流量控制阀下面安装 24S 6…型整流叠加板，可在两个方向控制流量以及从执行器来的流量。比例流量控制阀，型号：2FRE 6 A-2X/·K4MV(带外部关闭,不带单向阀)。该阀的功能原则上与 2FRE 6 B-2X/·K4RV 型阀相同。为了抑制检测节流器 3(设定值 >0%)开启时的起动超调，作为预防措施，使压力补偿器 4 通过油口 P6 关闭，堵死 A 口与压力补偿器 4 之间的通路 7。通过油口 P6，在方向阀 8 的 P 口压力作用于压力补偿器 4，并保持它克服弹簧力 9 处于关闭位置。如果方向阀 8 切换至 P→B 的位置，压力补偿器 4 就从关闭位置移动至相应的补偿位置，因而避免了起动超调。

（4）技术参数(见表 22.12-20)

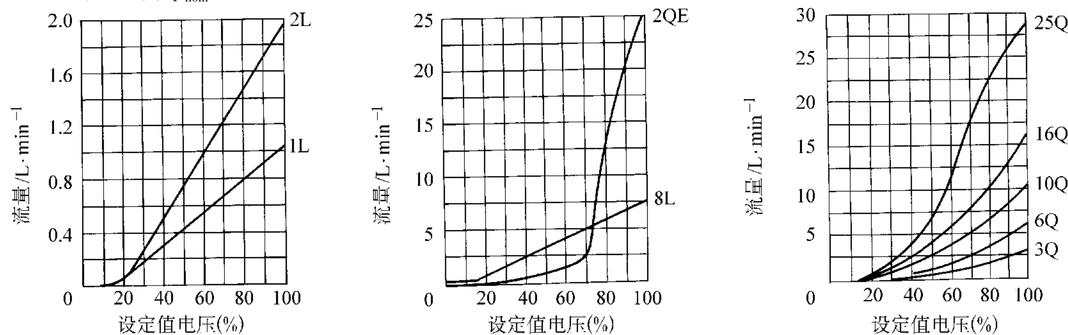
表 22.12-20　2FRE6 比例流量阀技术参数

项目			单位	1L	2L	8L	3Q	6Q	10Q	16Q	25Q	2QE
液压参数,比例流量控制阀												
最高允许工作压力	油口 A		/MPa	~21								
流量	类型			1L	2L	8L	3Q	6Q	10Q	16Q	25Q	2QE
	$q_{V\max}$		/L·min^{-1}	1	2	8	3	6	10	16	25	25
	$q_{V\min}$	至 10MPa	/mL·min^{-1}	25	25	50	15	25	50	70	100	15
		至 21MPa	/mL·min^{-1}	25	25	50	25	25	50	70	100	25
最大泄漏量在:												
设定值 0%	ΔpA→B	5MPa	/mL·min^{-1}	4	4	6	4	4	6	7	10	4
		10MPa	/mL·min^{-1}	5	5	8	5	5	8	10	15	5
(在 $\nu=41\mathrm{mm^2/s}$ 和 $t=50℃$ 时测得)		21MPa	/mL·min^{-1}	7	7	12	7	7	12	15	22	7
最小压降			/MPa	0.6~1								
从 B→A 自由回流时的压降 Δp				见图 22.12-43								
压力与流量的关系:进口/出口压力				见图 22.12-43								
与温度的关系 液压和电的温度漂移				见图 22.12-43								
压力介质				矿物油(HL,HLP)按 DIN 51 524 其他压力介质请咨询!								
油液清洁度				油液最高允许污染度按 NAS1638 9 级					推荐过滤器 $\beta_{10}\geqslant75$		最小过滤比 $x=10$	
压力介质温度范围/℃				20~80								
粘度范围/mm^2·s^{-1}				15~380								
滞环(%)				< ±1 在 $q_{V\max}$								
重复性(%)				<1 在 $q_{V\max}$								
瞬态分布	2FRE 6…型阀(%)			3% 在设定值 33% 5% 在设定值 100%								
	放大器 VT 5010(%)			<0.5								
电器参数, 比例电磁铁												
保护按 40 050				IP 65								
电压类型				DC								
线圈电阻	冷电阻: 20℃/Ω			5.4								
	最高温度时/Ω			8.2								
暂载率				连续								
电磁铁最大电流/A				1.5								
电器连接				组合插座按 DIN 43 650-AM2								
				连接插头按 DIN 43 650-AF2/Pg11								
电器参数, 位移传感器												
保护按 DIN 40 050				IP 65								
线圈电阻在 20℃	总电阻在…与…之间			1 和 2			2 和 ⏚			和 1		
				31.5　45.5			31.5 ⏚			⏚		
感电/mH				6~8								
振荡频率/kHz				2.5								
电位置测量系统				不同的节流阀								
额定行程/mm				3.5								
电器连接				组合插座 GSA Hirschmann 制造								
				连接插头 GM209N(Pg9)Hirschmann 制造								
电子控制器(单独订货)												
配套比例放大器欧洲格式				VT 5010 型								
				VT-VRPD-1 型								
配套比例放大器模件				VT 11033 型								

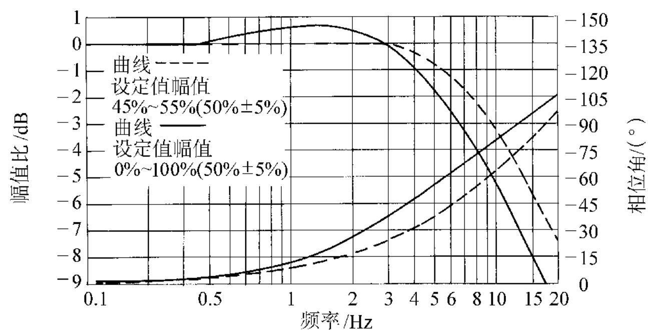
(5) 特性曲线(见图 22.12-43,在 $\nu=41\mathrm{mm^2/s}$ 及 $t=50℃$ 下测得)

流量和设定值的关系

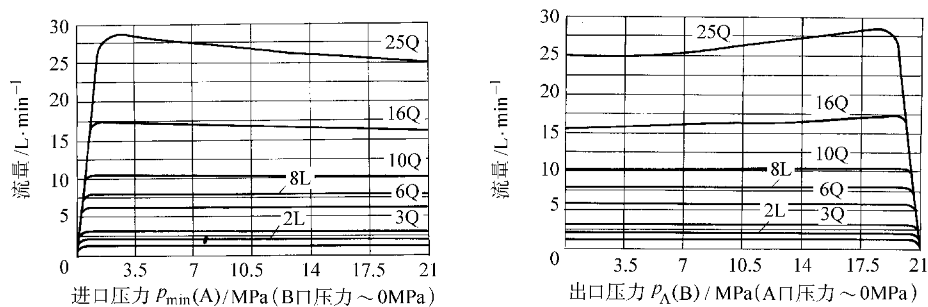
控制流量从(A→B)；$p_{nom}=5MPa$



频率响应特性曲线；$p_{nom}=10MPa$；阀型：25Q



比例流量控制阀压力-流量关系



流量与温度的关系

在$\Delta p=30MPa$时

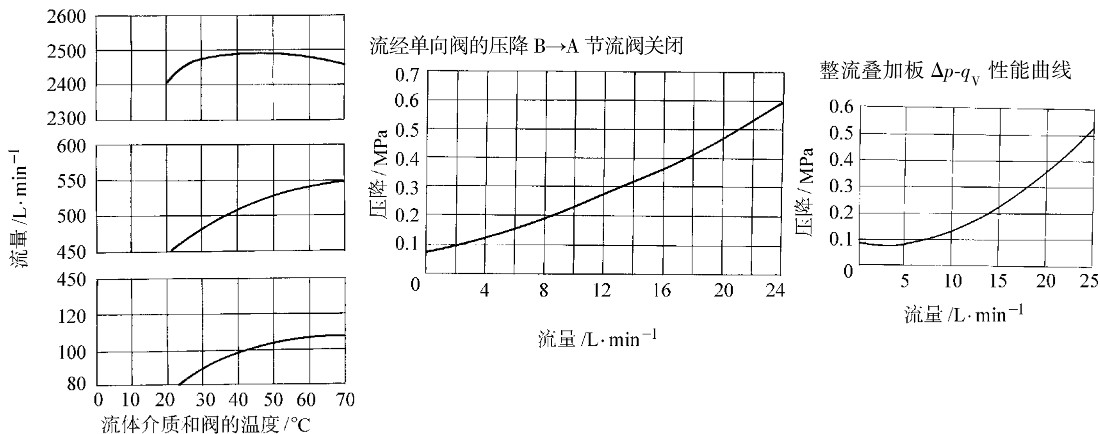


图 22.12-43 2FRE6 比例流量阀特性曲线

（6）外形尺寸(见图 22. 12-44)

1—阀体

2—带位移传感器的比例电磁铁

3. 1—连接插头按 DIN 43 650-AF2/Pg11 必须单独订货

3. 2—连接插头 GM209(Pg9) Hirschmann 公司制造　必须单独订货

4—拔下插头所需空间

5—阀固定螺钉

（须单独订货）

—不带整流叠加板　M5 ×30 DIN 912-10. 9；M_A =8. 9N · m

—带整流叠加板　M5 ×70 DIN 912-10. 9；M_A =8. 9N · m

6—R 形圈 9. 81 ×1. 50 ×1. 78(油口 A,B,P 和不通孔)

7—油口 A

8—油口 B

9—不通孔 ϕ12. 6 ×1. 3

10—铭牌

底板 G 341/01(G 1/4)

G 342/01(G 3/8)

G 502/01(G 1/2)

（须单独订货）

0.01/100mm

R_{max} 4

要求配合部件表面精加工

11—整流叠加板

12—底板(须单独订货)

注：Z4S 6-1X/V 型整流叠加板不能用于和 2FRE 6A-2X/…型比例流量控制阀连接(压力补偿器带外部关闭)。

图 22. 12-44　2FRE6 比例流量阀外形尺寸

11.2.2　2FRE 比例流量阀

(1) 型号说明

2FRE	-4X/		B	K4		*

公称通径 10　　=10
公称通径 16　　=16

系列 40~49　　=4X
(40~49:安装和连接尺寸保持不变)

其他细节用文字说明 ……*

M =　丁腈橡胶密封件，适用于矿物油(HL,HLP)按 DIN51 524
V =　氟橡胶密封件

K4 =　电器连接
连接插座按 DIN 43 650-AM2
用于比例电磁铁，和 GSA20
(Hischmann)制造用于位移传感器
不带连接插头
连接插头须单独订货

B =　带压力补偿器行程限位器

流量控制范围 A　B		
公称通径　10		公称通径 16
线性	带快进的渐进型特性(精密调节范围)	线性
~10L·min^{-1} =10L ~16L·min^{-1} =16L ~25L·min^{-1} =25L ~50L·min^{-1} =50L ~60L·min^{-1} =60L	~5L·min^{-1} =5QE	~80L·min^{-1} =80L ~100L·min^{-1} =100L ~125L·min^{-1} =125L ~160L·min^{-1} =160L

比例流量控制阀

简图　　详图

A　B　　A　B

(2) 结构及工作原理(见图 22.12-45)

2FRE…型比例流量控制阀具有二通功能。它们能按照提供的电信号值输出对压力和对温度有很大程度补偿的相应流量。其组成主要包括壳体 1、带感应式位移传感器的比例电磁铁 2、检测节流器 3、压力补偿器 4、行程限位器 5 及可选择的单向阀 6，流量的设定(0%~100%)在设定值电位器上确定。应用的设定值通过放大器以及比例电磁铁调节检测节流器 3。检测节流器 3 的位置由位移传感器测得，与设定值的任何偏差通过反馈控制来补偿。压力补偿器 4 保持在检测节流器 3 上的压降为常数。因此，流量得到负载补偿。由于检测节流器的机构设计，只有很小的温度漂移。

设定值为 0% 时，检测节流器关闭。在供电电压过低或者位移传感器的电缆断裂时，检测节流器关闭。

设定值为 0% 时，无超调起动是可能的。只要通过在比例放大器设置两个斜坡，就可消除起动和关闭时的超调。

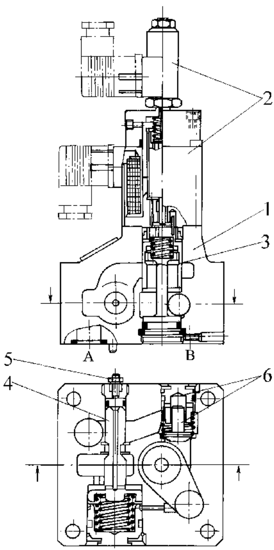


图 22.12-45　2FRE…型比例流量阀结构

经过单向阀 6，从 B 至 A 可自由流动。在比例流量控制阀下面安装 24S…型整流叠加板，可在执行器供油和回油两个方向控制流量。

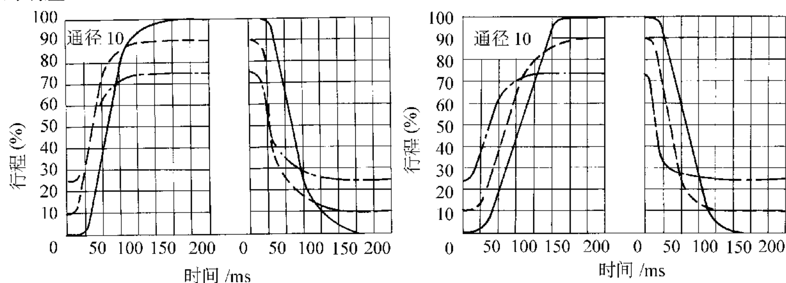
（3）技术参数(见表 22.12-21)

表 22.12-21　2FRE 比例流量阀技术参数

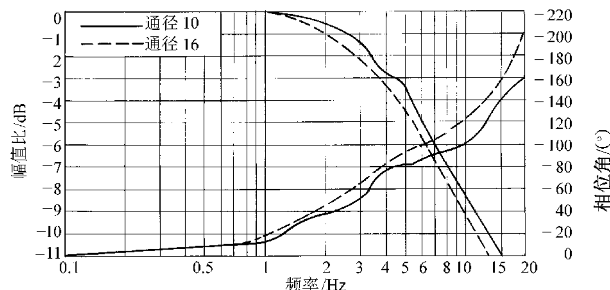
液压参数，比例流量控制阀										
最高允许工作压力	油口 A/MPa	~31.5								
流量 q_{Vmax}	通径/NS	10					16			
	线性/L · min^{-1}	10	16	25	50	60	80	100	125	160
	渐进型，带快速段/L · min^{-1}	40					—			
最小压降/MPa		0.3 ~ 0.8					0.6 ~ 1			
从 B→A 自由回流时的压降 Δp/MPa		见图 22.12-46								
流量控制										
温度漂移	液压 + 电器　Δq_V/℃(%)	0.1 在 q_{Vmax}								
	压力补偿器　[至 p = 31.5MPa(%)]	±2 在 q_{Vmax}								
压力介质										
压力介质温度范围/℃		-20 ~ 80								
粘度范围/mm^2 · s^{-1}		15 ~ 380								
油液清洁度		油液最高允许污染度按 NAS 1638 9 级				推荐过滤器最小过滤比 $\beta_X \geqslant 75$　x = 10				
滞环(%)		< ±1 在 q_{Vmax}								
重复性(%)		<1 在 q_{Vmax}								
制造误差	2FRE…型阀(%)	≤ ±2 在设定值 33% ≤ ±5 在设定值 100%								
	放大器 VT 5004(%)	<0.5								
	放大器 VT 11034(%)	< ±2								
电器参数，比例电磁铁										
电压类型		DC								
线圈电阻	冷电阻于 20℃/Ω	10								
	最高温度时/Ω	13.9								
暂载率（%）		100								
电磁铁最大电流/A		1.51								
电器连接		组合插座按 DIN 43 650-AM2								
		连接插头按 DIN 43 650-AF2/Pg11								
保护按 DIN 50 050		IP 65								
电器参数，位移传感器										
线圈电阻总电阻在…与…之间/Ω		1 和 2			2 和 ⏚			⏚ 和 1		
		31.5			45.5			31.5		
电器连接		组合插座 GSA Hirschmann 制造								
		连接插头 GM209N(Pg9) Hirschmann 制造								
电感/mH		6 ~ 8								
震荡频率/kHz		2.5								
电位置测量系统		不同的节流阀								
额定行程/mm		4								
保护按 DIN 40 050		IP 65								
电子控制器(单独订货)										
配套比例放大器　欧洲格式		VT 5004 型								
		VT-VRPD-1 型								
配套比例放大器　模件		VT 11034 型								

（4）特性曲线（见图 22.12-46，在 $\nu = 41\mathrm{mm}^2/\mathrm{s}$ 及 $t = 50℃$ 下测得；$p_{\mathrm{nom}} = 5\mathrm{MPa}$；幅值 0% →100%；10 通径型 60L/16 通径型 160L）

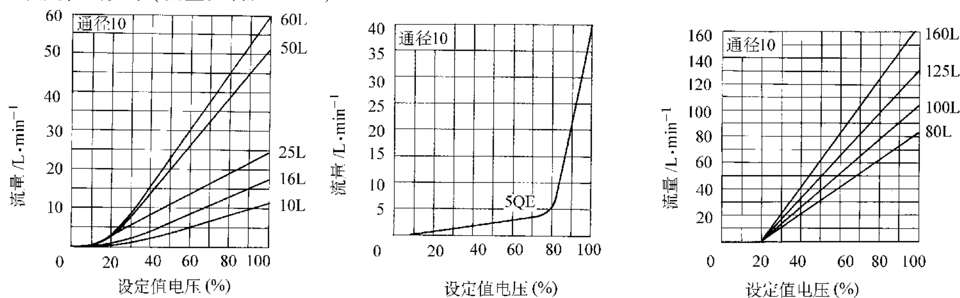
设定值阶跃变化时的响应



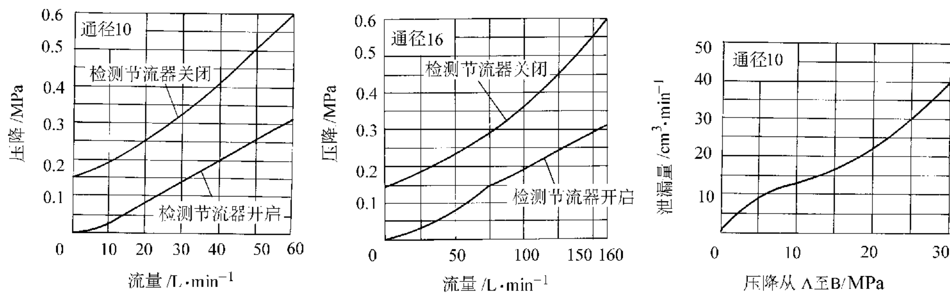
频率响应特性曲线



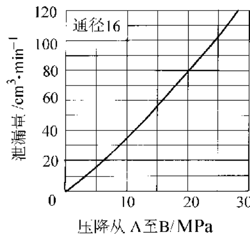
流量和电压设定值的关系（流量控制从 A→B）



流经单向阀的压降 B→A



泄漏量从 A→B　　　　整流叠加板压降与流量关系



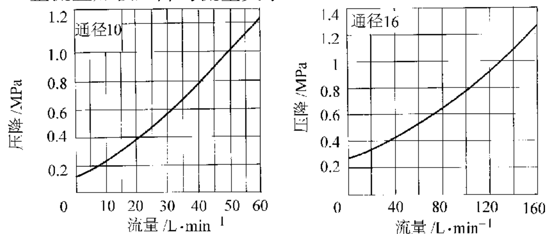


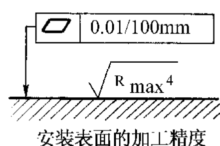
图 22.12-46　2FRE 比例流量阀特性曲线

（5）外形尺寸（见图 22. 12-47）

1—阀体
2—带位移传感器的比例电磁铁
3. 1—连接插头按 DIN 43 650-AF2/Pg11
　　必须单独订货
3. 2—连接插头 GM209（Pg9）Hirschmann 公司制造必须
　　单独订货
4—拔下插头所需空间
5—压力补偿器行程限位器螺丝组
　内六角 3A/F，锁紧螺母 10A/F
6—阀固定螺钉（须单独订货）
　—不带整流叠加板
　NS 10∶4 M8×60 Din 912-10. 9；$M_A=37N \cdot m$
　NS 16∶4 M10×160 DIN 912-10. 9；$M_A=75N \cdot m$
　—带整流叠加板
　NS 10∶4 M8×120 Din 912-10. 9；$M_A=37N \cdot m$
　NS 16∶4 M10×120 DIN 912-10. 9；$M_A=75N \cdot m$
7—R-形圈用于油口 A，B
　通径 10：R 形圈 10. 64×3. 53×3. 53
　通径 16：R 形圈 26. 57×3. 53×3. 53
8—油口 A
9—油口 B
10. 1—定位销（通径 10 和 16）
10. 2—定位销（通径 16）
11. 1—定位销孔（通径 10 和 16）
11. 2—定位销孔（通径 16）
12—整流迭加板
13. 1—铭牌（比例流量控制阀）
13. 2—铭牌（整流叠加板通径 10）
13. 3—铭牌（整流叠加板通径 16）
14—底板
　（须单独订货）
　通径 10：G279/01（G1/2）　G280/01（G3/4）
　通径 16：G281/01（G1）　G282/01（G11/4）

通径	10	16
B_1	95	123. 5
B_2	76	101. 5
B_3	9. 5	11
B_4	79. 4	102. 4
ϕD_1	M8×13	M10×20
ϕD_2	12	20
H_1	245	255. 5
H_2	200	210
H_3	210	140
H_4	48	51
H_5	60	85
H_6	30	40
B_5	9. 6	20. 5
B_6	55. 1	75

通径	10	16
L_1	102. 5	123. 5
L_2	82. 5	101. 5
L_3	10	11
L_4	68. 5	81. 5
L_5	30	40
L_6	23. 8	28. 6
L_7	30. 1	15
L_8	71. 6	90. 5



安装表面的加工精度

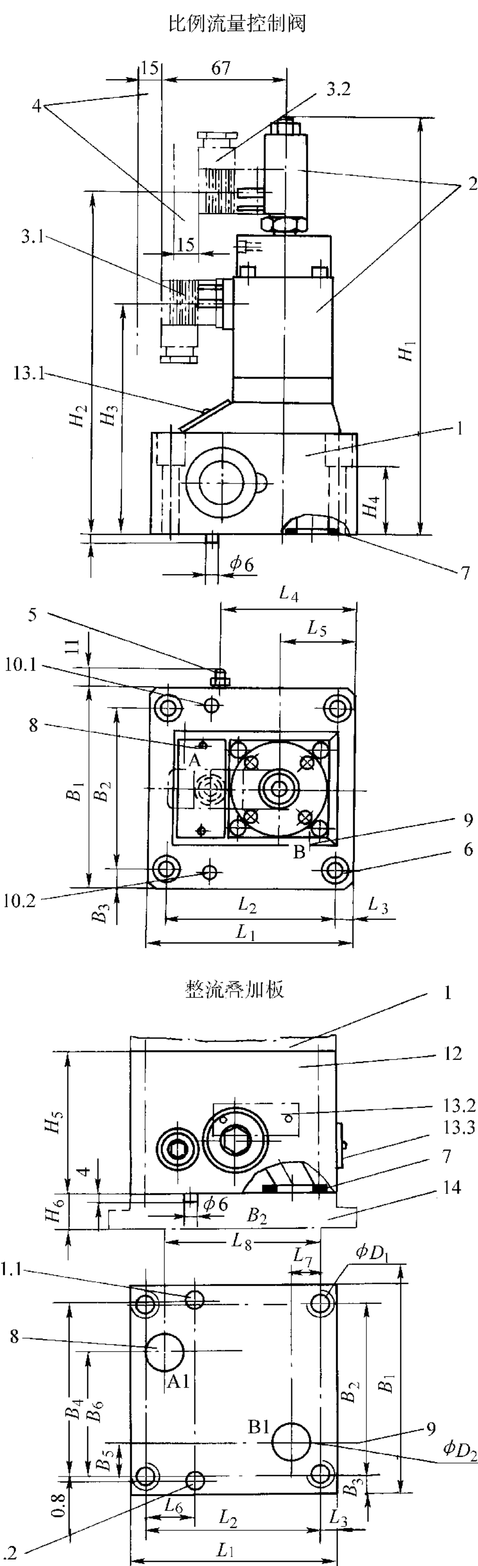


图 22. 12-47　2FRE 比例流量阀外形尺寸

11.2.3　EF 比例流量阀

（1）型号说明（见表22.12-22）

（2）技术参数（见表22.12-23）

（3）外形尺寸（见表22.12-24）

（4）安装尺寸（见图22.12-48）

表22.12-22　EF 比例流量阀型号说明

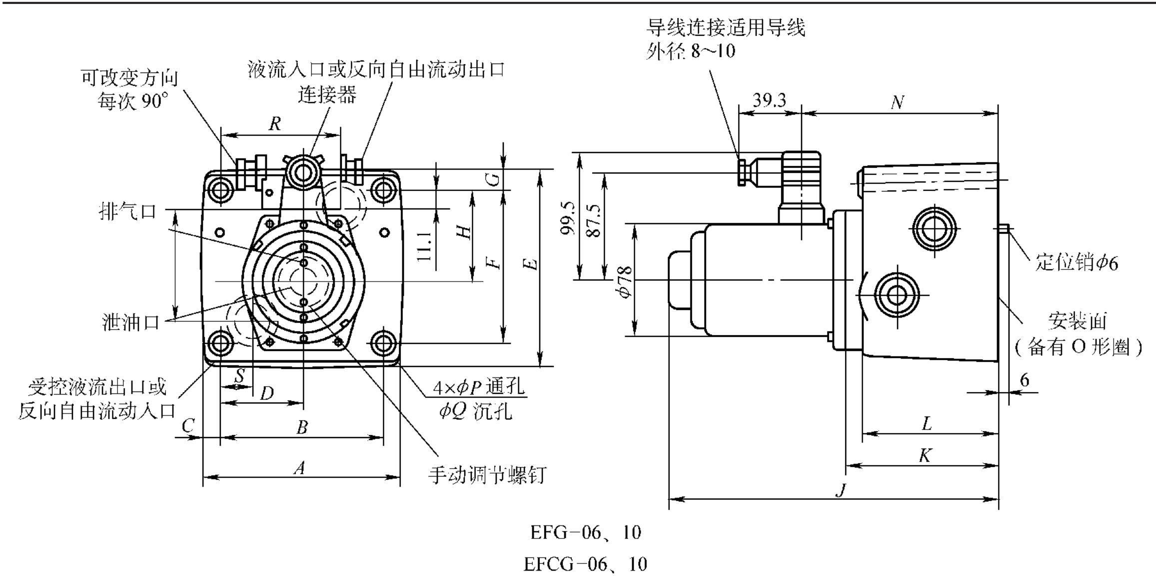
EFG	G	-02	-10	-31
系列号	安装型式	阀规格	最大调节流量/L·min^{-1}	设计号
EF：电-液比例调速阀 EFC：电-液比例单向调速阀	G：底板安装	02	10 30	31
		03	60 125	26
		06	250	22
		10	500	11

表22.12-23　EF 比例流量阀技术参数

名称 \ 型号	EFG/EFCG-02-10/30	EFG/EFCG-03-60/125	EFG/EFCG-06-250	EFG/EFCG-100-500
最高工作压力/MPa	21	21	21	21
流量调节范围/L·min^{-1}	10：0.3～10 30：0.3～30	60：2～60 125：2～125	3～250	5～500
最小压差①/MPa	0.6	1	1.3	2
自由流量（仅对EFCG型而言）/L·min^{-1}	40	130	280	550
额定电流/mA	600	600	600	700
线圈电阻/Ω	45	45	45	45
滞环	小于5%	小于7%	小于7%	小于7%
重复性	1%	1%	1%	1%
重量/kg	8.2	12.5	25	51

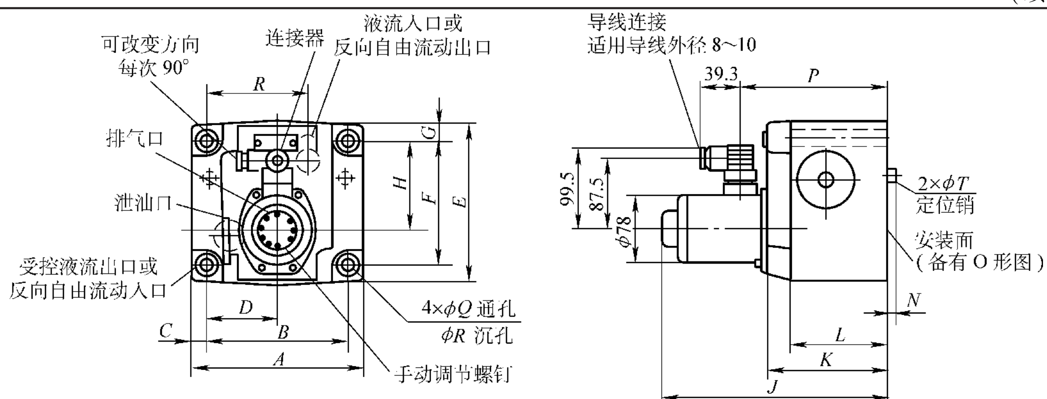
① 指阀可得到良好补偿效果控制流体入口与出口的最小压力差。

表22.12-24　EF 比例流量阀外形尺寸　（mm）



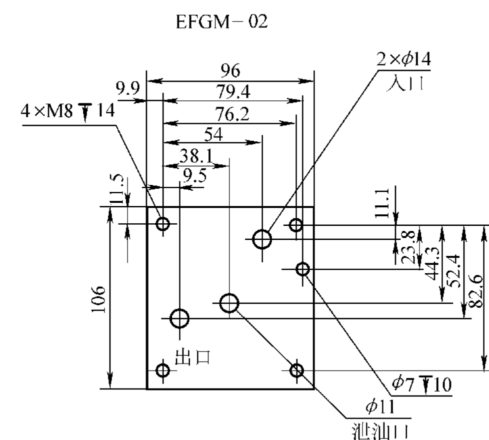
EFG-06、10
EFCG-06、10

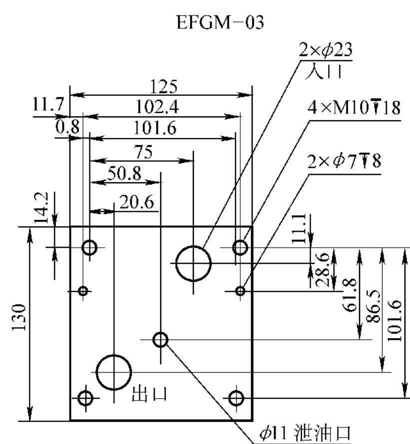
（续）

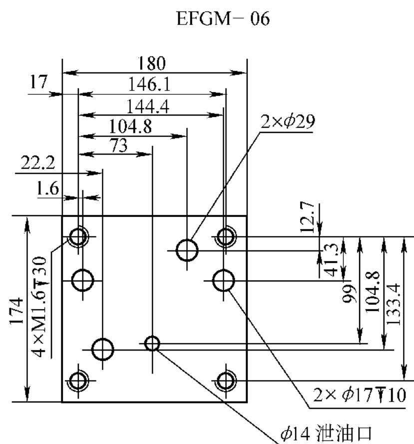


型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	Q
EF * G-02	96	76. 2	9. 9	38. 1	106	82. 6	11. 7	46. 3	195	81	66	108	8. 8	14
EF * G-03	125	101. 6	11. 7	50. 8	130	101. 6	14. 2	61. 8	212	98	85	125	11	17. 5

型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	Q	R	S	T
EF * G-06	180	146. 1	17	73. 1	174	133. 4	20. 3	139	244	130	105	7	157	17. 5	25	1. 5	16
EF * G-10	244	196. 9	23. 5	98. 5	228	177. 8	25	144. 5	274	160	137	10	187	21. 5	32	2	18







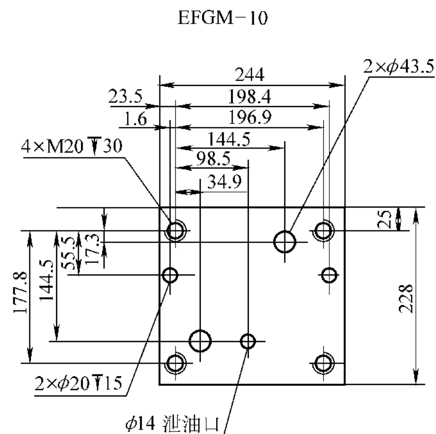
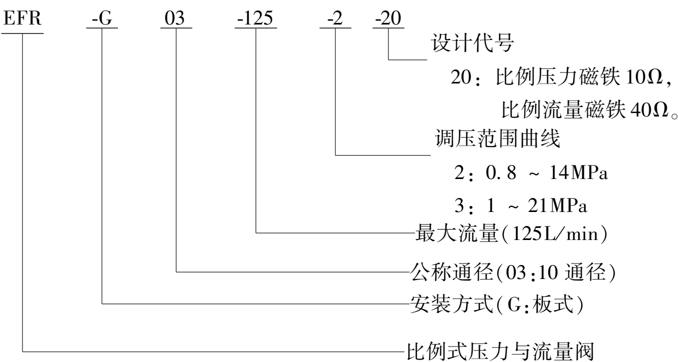


图 22. 12-48　EF 比例流量阀安装尺寸

生产厂：榆次油研液压有限公司

11.2.4　EFR比例式压力与流量阀

（1）型号说明



（2）技术规格(见表22.12-25)

（3）特性曲线(见图22.12-49)

（4）外形尺寸(见图22.12-50)

表22.12-25　EFR比例式压力与流量阀技术规格

EFR-G03-125-*-20 流量特性	流量调整范围/L·min^{-1}	内部压力损失/MPa	额定电流/mA	线圈阻抗/Ω	磁滞	重复性	重量/kg
	1~125	0.5	750	40	<7%	<1%	18
EFR-G03-125-*-20 压力特性	压力调整范围/MPa	容许背压/MPa	额定电流/mA	线圈阻抗/Ω	磁滞	重复性	
	2:0.8~14	见备注	2:780	10	<3%	<1%	
	3:1~21		3:820				

注：回油时请使用单独管路直接回油箱，以降低背压。

使用说明：

1. 排气位置：压力磁铁放气孔位置可自由调整，方向朝上，以方便排出阀内的空气。
2. 回油管路：回油管路尽可能独立，避免干扰及限流现象，及减少背压。
3. 手动调压螺钉：当试车或电气故障时，临时应变使用，平时则复归原位。
4. 空气排除：为达压力稳定，速度切换灵敏，将管路及阀内的空气完全排出是相当重要的。

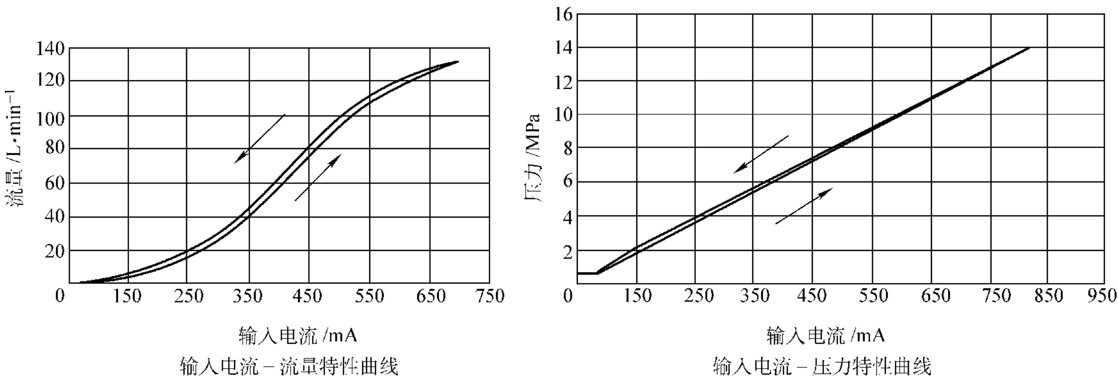
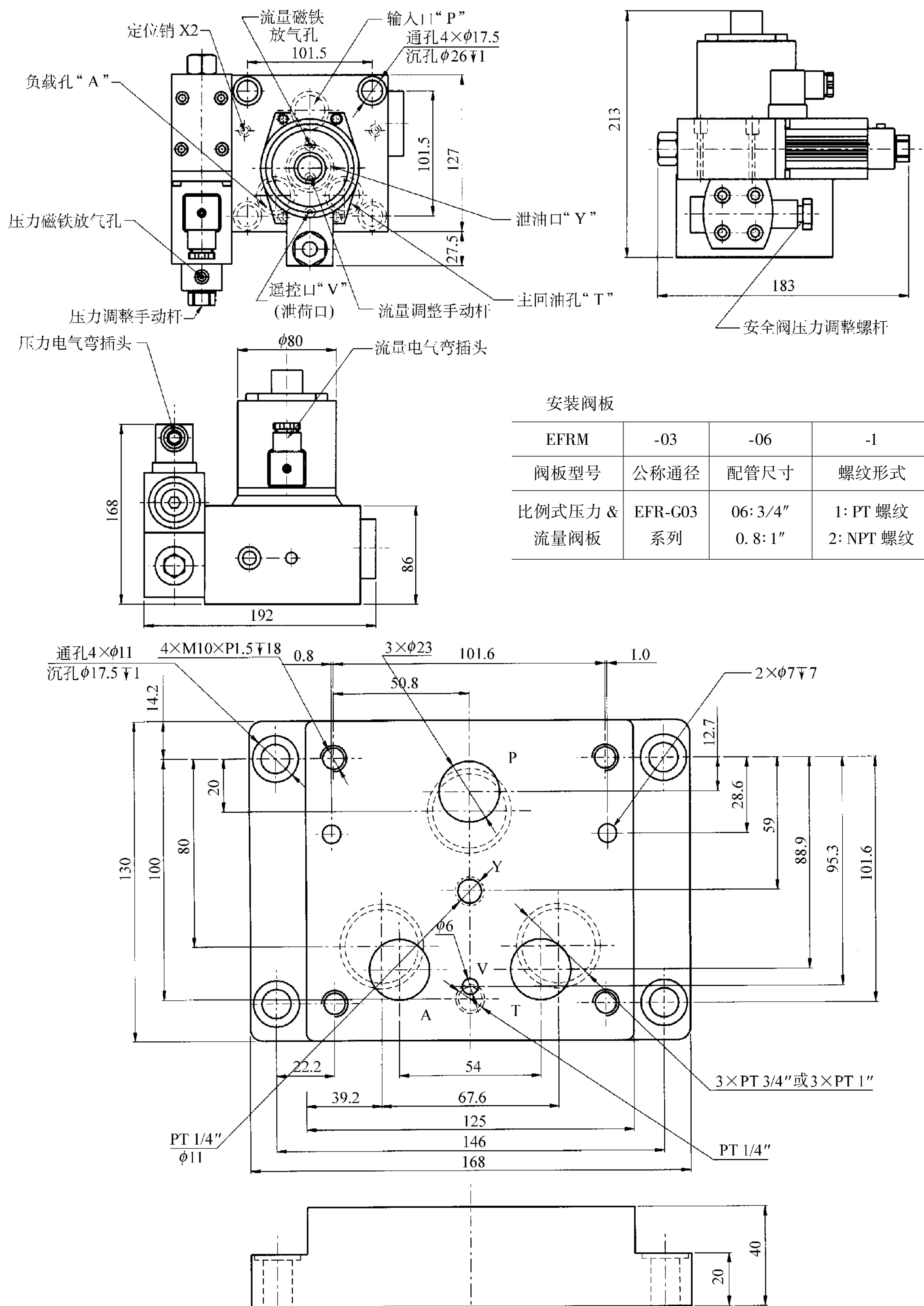


图22.12-49　EFR比例式压力与流量阀特性曲线



安装阀板

EFRM	-03	-06	-1
阀板型号	公称通径	配管尺寸	螺纹形式
比例式压力 & 流量阀板	EFR-G03 系列	06: 3/4″ 0. 8: 1″	1: PT 螺纹 2: NPT 螺纹

图 22. 12-50　EFR 比例式压力与流量阀外形尺寸

安装示意图

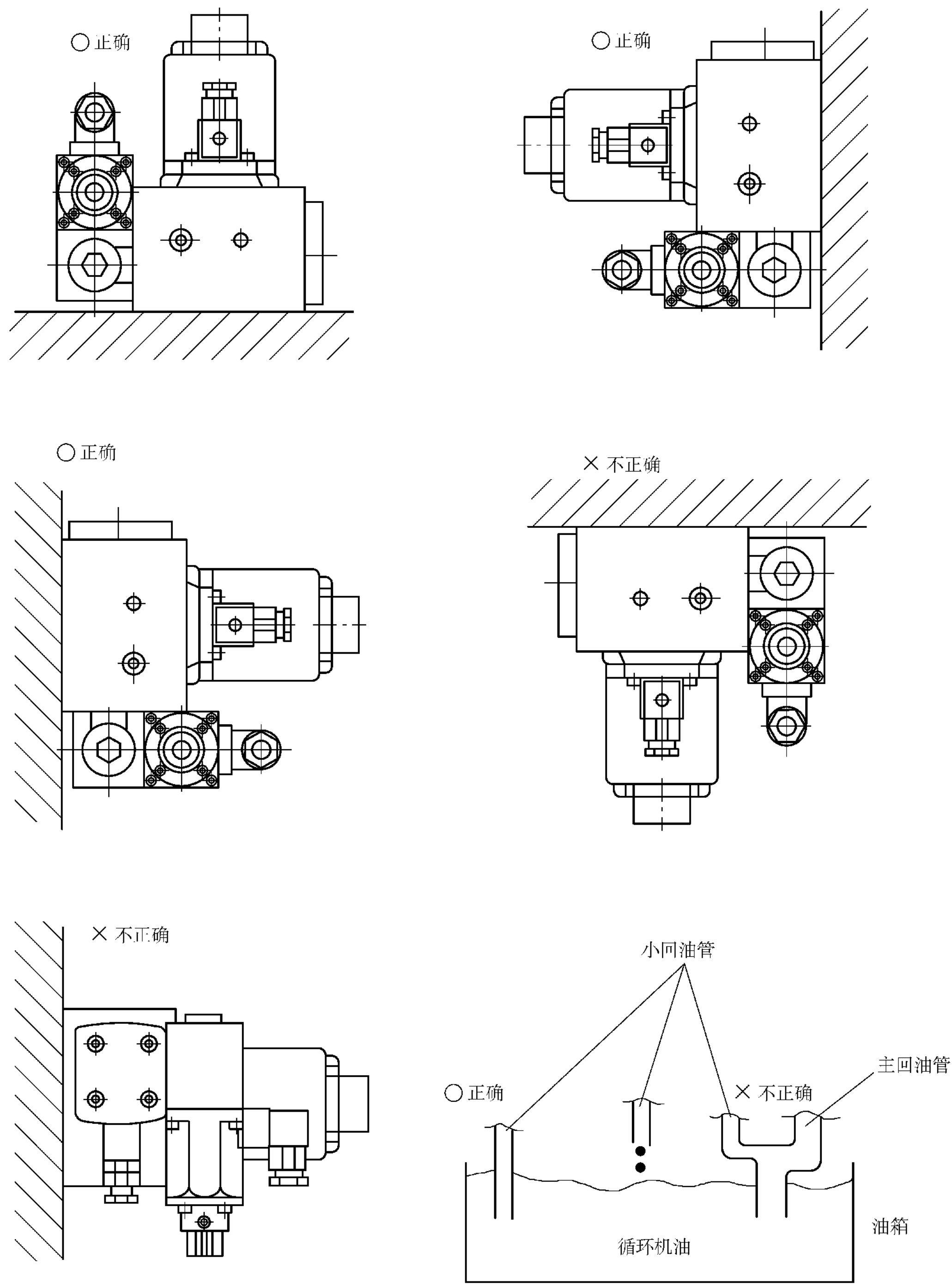


图22.12-50　EFR 比例式压力与流量阀外形尺寸(续)

11.3　Rexroth(力士乐)主要比例阀产品

11.3.1　4WRA 型比例方向阀

(1) 型号说明

4WRA				–2X/G24		/	V	*

不带内置放大器 =无代码

带内置放大器 =E

通径 6 =6

通径 10 =10

机能符号

A B

a 0 b

P T

= E

E1-

= W

W1-

A B

a 0

P T

= EA

= WA

对于机能符号 E1-和 W1-：

P⟶A: q_{vmax}　B ⟶ T: $q_{\text{v}}/2$

P⟶B: $q_{\text{v}}/2$　A ⟶ T: q_{vmax}

说明：
对于阀芯 W 和 WA，在中位时 A 口至 T 口，以及 B 口至 T 口约有相当于额定值 3% 的通流面积

①有关电气保护的内容请向厂家咨询。
②只用于 NS6；对于保护型式“J”=抗海水腐蚀，只能选“K31”!

其他要求用文字说明

V= 氟橡胶密封，适用于符合 DIN 51 524 标准的液压油 (HL, HLP)

无代号 = 用于 WRA 及 WRAE

A1= 给定值输入 ±10V

F1= 给定值输入 4～20mA

电气接线

WRA 型：

K4 ② = 带符合 DIN 43 650-AM2 的插座，不带插头座 插头须单独订货

WRAE 型：

K31 ② = 带符合 DIN 43 650-AM2 的插座 不带插头，插头须单独订货

特殊保护：

无代号 = 无特殊保护

J ① = 抗海水腐蚀 (仅用于 NS 6) 需要详细抗海水腐蚀相关信息

G24= 24V 直流电源

2X= 20～29 系列 (20～29 系列：安装和连接尺寸不变)

阀的压差为 1MPa 时的额定流量

NS 6

07= 7L/min

15= 15L/min

30= 26L/min

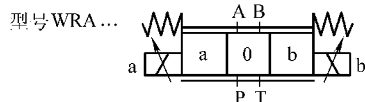
NS 10

30= 30L/min

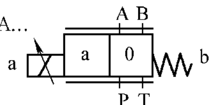
60= 60L/min

不带内置放大器的比例方向阀

型号WRA…

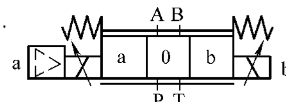


型号WRA…A…

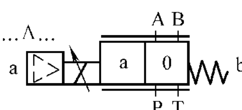


带内置放大器的比例方向阀

型号WRAE…



型号 WRAE…A…



（2）结构及工作原理(见图 22.12-51)

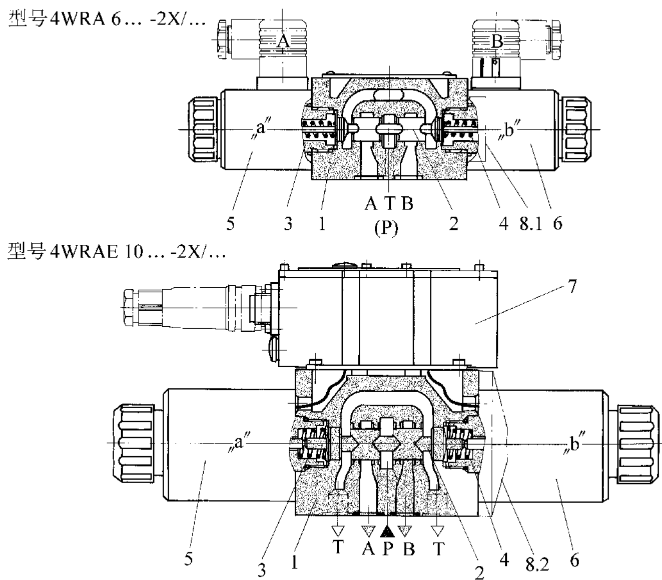


图22.12-51 结构及工作原理

该二位四通和三位四通比例方向阀为直控，板式结构；由比例电磁铁操作，比例电磁铁带中心螺纹，线圈可单独拆卸，电磁铁的控制可通过外部放大器(WRA型)或内置的放大器(WRAE型)

结构：
该阀由下列部分组成：
——带安装底面的阀体(1)
——带对中弹簧(3和4)的控制阀芯(2)
——带中心螺纹的电磁铁(5和6)
——可选带内置放大器(7)

工作原理：电磁铁(5和6)不带电时，对中弹簧(3和4)将控制阀芯(2)保持在中位。

——比例电磁铁得电被激励后，会直接推动控制阀芯(2)。

例如：控制电磁铁“b”(6)被激励→控制阀芯(2)被推向左侧，位移与输入电信号成比例→这时，P口至A口及8口至T口通过阀芯与阀体形成底节流油路接通，节流特性为渐进式→电磁铁(6)失电→控制阀芯(2)被对中弹簧(3)重新推回中位。

两位阀(型号4WRA…A…A)：

这种结构的阀从原理上来说与三位阀类似，两位阀只带有电磁铁“a”，对6通径的阀在第二个电磁铁的位置装上了一个丝堵(8.1)，对10通径的阀换成了盖(8.2)。

对于型号4WRA 6…-2X/…说明：必须避免回油管路中的油全部排空，必要时在回路中安装背压阀(背压约0.2MPa)。

(3) 技术参数(见表22.12-26)

表22.12-26 4WRA型比例方向阀技术参数

(液压参数在$p=10$MPa,矿物油HLP46,46℃ ±5℃时测得)

阀 型 号			WRA	WRAE
工作压力	油口A，B，P	MPa	~31.5	
	油口T	MPa	~21	
额定流量q_{Vnom} 在$\Delta p=1$MPa时	NS6	$L\cdot min^{-1}$	7，15和26	
	NS10	$L\cdot min^{-1}$	30~60	
允许最大流量	NS6	$L\cdot min^{-1}$	42(双流量回路时可达80)	
	NS10	$L\cdot min^{-1}$	75(双流量回路时可达140)	

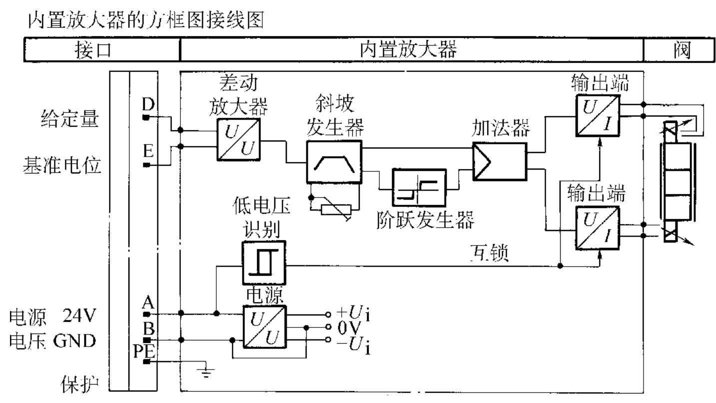
（续）

阀　型　号			WRA	WRAE
液压油			符合 DIN 51 524 标准的矿物油(HL,HLP); 使用其他油液请咨询!	
液压油温度范围/℃			−20~80(优先选择 40~50)	
粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$			20~380(优先选择 30~46)	
油液清洁度			油液最高 污染等级 按 NAS 1638	推荐过滤器 最小过滤精度 $\beta_x \geq 75$
			第 9 级	$x = 10$
滞环(%)			≤5	
反向误差(%)			≤1	
灵敏度(%)			≤1	
频率响应(相位差为 −90° 信号 50%;$X_e = \pm 40\% X_{enom}$)		NS6/Hz	25	25
		NS10/Hz	10	10
重量	NS6	/kg	2.0	2.2
	NS10	/kg	6.6	6.8
技术参数(使用时如果超出了规定的技术参数的范围,请咨询)				
电磁铁的电气参数				
电压类型			直流电源	
信号类型			模拟量	
给定值信号	电压输入	NS6/V	±10	±10
		NS10/V	±10	±10
	电流输入	NS6/mA	4~20	4~20
		NS10/mA	4~20	4~20
每个电磁铁最大电流/A			2.5	2.5
电磁铁线圈 电阻	20℃时的冷值/Ω		2	2
	最大热值/Ω		3	3
通电率(%)			100	
线圈温度/℃			可达 150	
阀的保护形式符合标准 DIN 40 050			IP 65	
放大器的电气参数				
WRA 型	欧洲制式的模拟量放大器②		VT-VSPA2-1-1X/…	
	欧洲制式的数字放大器②		VT-VSPD-1-1X…	
WRAE 型			内置于阀内	
电源电压 4WRAE, 4WRA①	额定电压 DC/V		24	
	下限值/V		21/22	19
	上限值/V		35	
放大器的 电流消耗	I_{max}/A		1.8	1.8
	最大脉冲电流/A		3	3

① 装有博世力士乐公司的控制放大器。

② 单独定货。

内置放大器的方框图/接线图

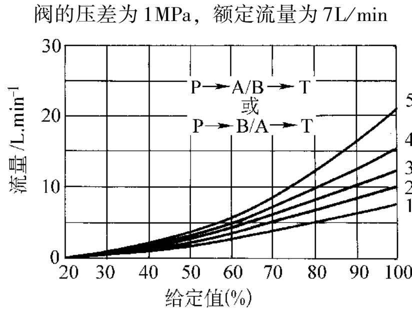


（4）特性曲线(见表22.12-27)

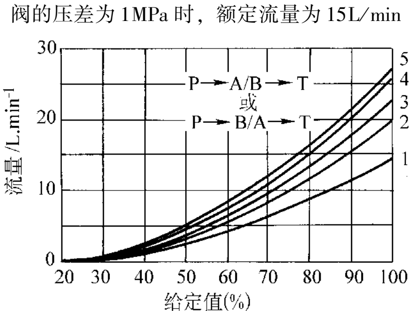
表23.12-27 4WRA型比例方向阀特性曲线

特性曲线(在 $p=10$MPa,矿物油HLP46,40℃ ±5℃时测得) NS6

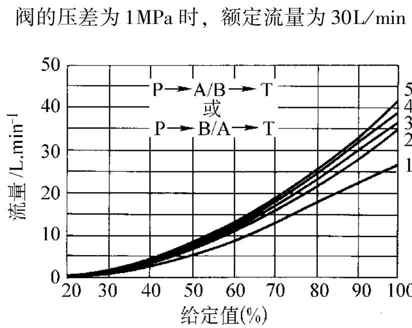
阀的压差为1MPa，额定流量为7L/min



阀的压差为1MPa时，额定流量为15L/min



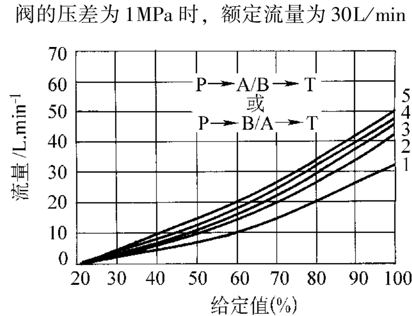
阀的压差为1MPa时，额定流量为30L/min



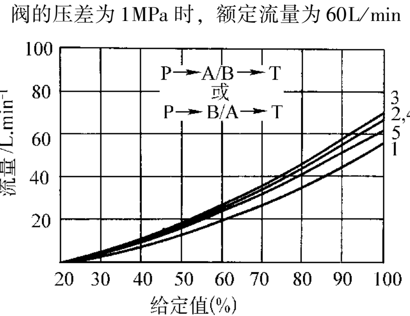
1—$\Delta p=1$MPa 恒定
2—$\Delta p=2$MPa 恒定
3—$\Delta p=3$MPa 恒定
4—$\Delta p=5$MPa 恒定
5—$\Delta p=10$MPa 恒定

Δp = 阀的压差（入口压力 p_P 减去负载压力 p_L 并减去回油压力 p_T）

阀的压差为1MPa时，额定流量为30L/min



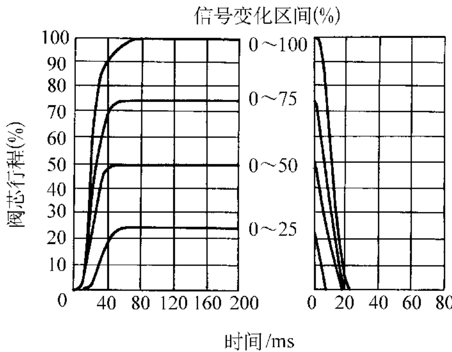
阀的压差为1MPa时，额定流量为60L/min



1—$\Delta p=1$MPa 恒定
2—$\Delta p=2$MPa 恒定
3—$\Delta p=3$MPa 恒定
4—$\Delta p=5$MPa 恒定
5—$\Delta p=10$MPa 恒定

Δp = 阀的压差（入口压力 p_P 减去负载压力 p_L 并减去回油压力 p_T）

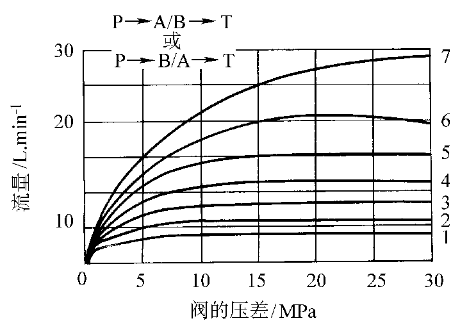
输入信号为阶跃信号时阀的时过渡性能 WRA 和 WRAE 型



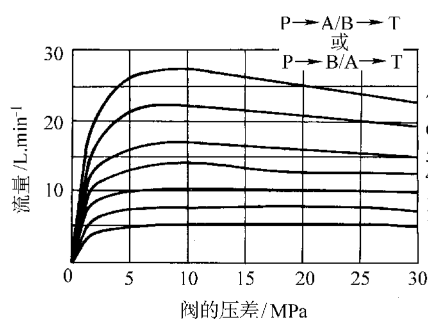
（续）

特性曲线（在 $p = 10$MPa，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得）	NS6

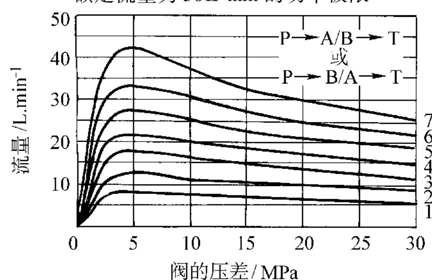
额定流量为 7L/min 的功率极限



额定流量为 15L/min 的功率极限



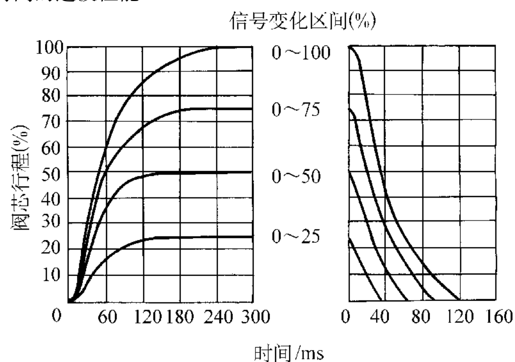
额定流量为 30L/min 的功率极限



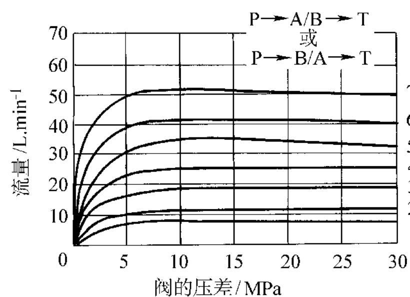
1—给定值 = 40%
2—给定值 = 50%
3—给定值 = 60%
4—给定值 = 70%
5—给定值 = 80%
6—给定值 = 90%
7—给定值 = 100%

如果超过阀的功率极限，阀芯的运动会失稳。

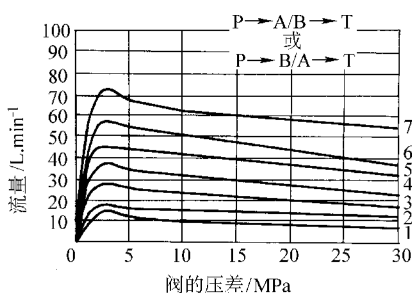
输入信号为阶跃信号时阀的过渡性能



额定流量为 30L/min 的功率极限



额定流量为 60L/min 的功率极限



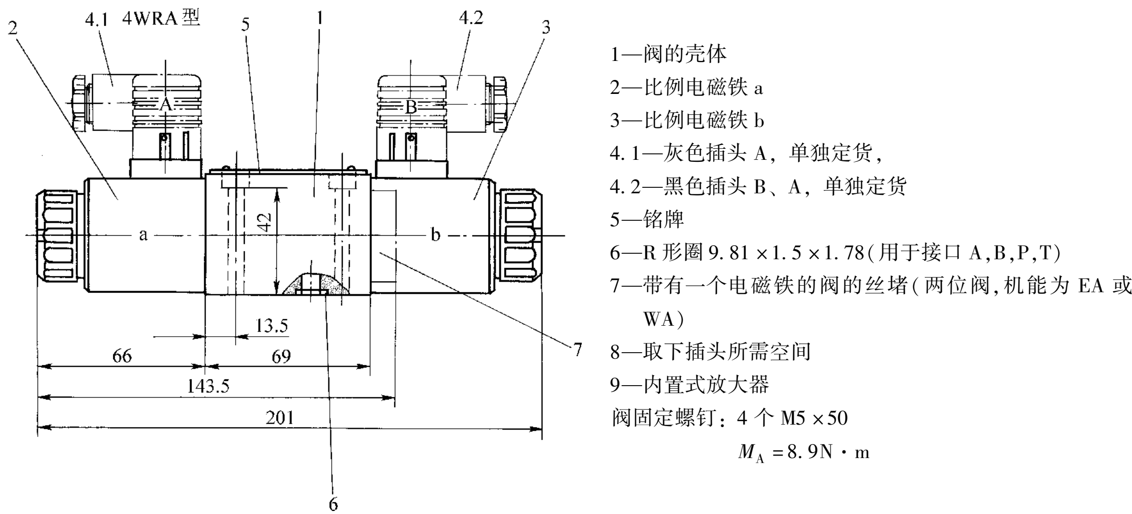
1—给定值 = 40%
2—给定值 = 50%
3—给定值 = 60%
4—给定值 = 70%
5—给定值 = 80%
6—给定值 = 90%
7—给定值 = 100%

如果超过阀的功率极限，阀芯的运动会失稳。

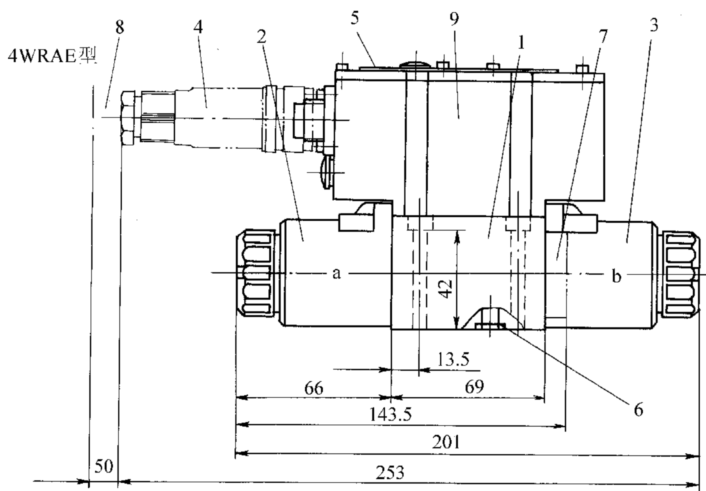
（5）外形尺寸(见表 22. 12-28)

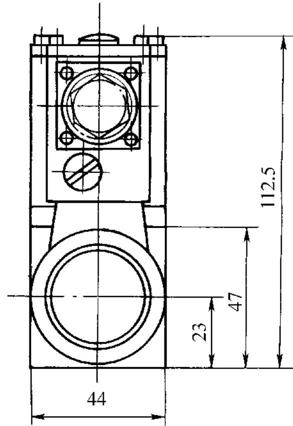
表 22. 12-28　4WRA 型比例方向阀外形尺寸

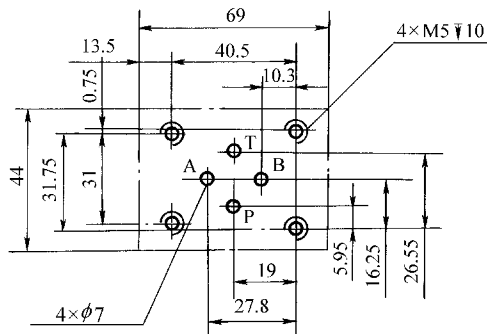
外型尺寸：NS6

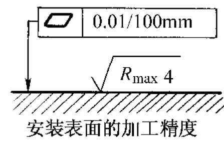


1—阀的壳体
2—比例电磁铁 a
3—比例电磁铁 b
4. 1—灰色插头 A，单独定货，
4. 2—黑色插头 B、A，单独定货
5—铭牌
6—R 形圈 9. 81 ×1. 5 ×1. 78(用于接口 A,B,P,T)
7—带有一个电磁铁的阀的丝堵(两位阀,机能为 EA 或 WA)
8—取下插头所需空间
9—内置式放大器
阀固定螺钉：4 个 M5 ×50
M_A =8. 9N · m









安装表面的加工精度

（续）

外形尺寸：NS10

4.1 4WRA 型

4WRAE型

1—阀体

2—比例电磁铁 a

3—比例电磁铁 b

4—插头符合 E DIN 43 563-BF6-3/Pg11

4.1—灰色插头 A，单独定货，

4.2—黑色插头 B，单独定货

5—铭牌

6—阀的排气螺栓

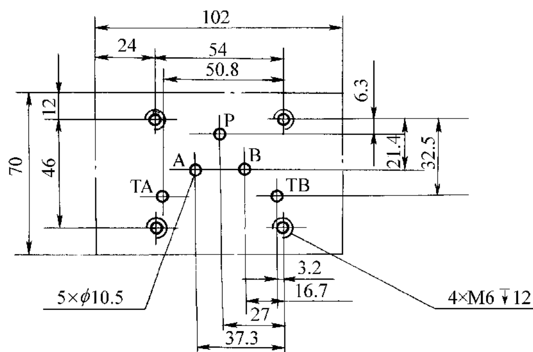
说明：阀在出厂前已经排气

7—R 形圈 13.0×1.6×2.0（用于接口 A，B，P，T）

8—带有一个电磁铁的阀的丝堵（两位阀，机能为 EA 或 WA）

9—取下插头所需空间

10—内置式放大器



阀固定螺钉：4 个 M6×40 DIN 912-10.9；M_A=15.5N·m

11.3.2 4WRZ和4WRH型比例方向阀

(1) 型号说明

4WRZ和4WRH型定货型号；NS10至32板式结构；NS 52法兰连接结构

4WR_				-7X	/					/			*

液控 =H

电液控 =Z

仅用于WRZ型：

外控放大器 =无代号

带内置放大器 =E

通径		
通径 10	=10	=10
通径 16	=16	=16
通径 25	=25	=25
通径 32	=32	=32
通径 52	=52	=52

机能符号

=E, E1-

=E3-

=W6-, W8-

=W9-

=EA

=W6A

对于机能符号E1-和W8-：

P至A：q_{vmax} B至T：$q_v/2$

P至B：$q_v/2$ A至T：q_{vmax}

对于机能符号E3-和W9-：

P至A：q_{vmax} B至T：截止

P至B：$q_v/2$ A至T：q_{vmax}

（组成差动回路时，液压缸底部接口应与A口相连）

说明：对于机能W6-，W8，W9-，W6A在“0”位时，从A口到T口和从B口到T口约有小于额定值2%的通流面积连接。

其他要求请用文字说明

M =① 丁腈橡胶密封

V = 氟橡胶密封

无代号=不带减压阀

D3 =② 带减压阀 ZDR 6 DPO-4X/40YM-W80（已调定）

无代号=WRH和WRZ型

4WRZE型：

A1 = 给定值输入±10V

F1 = 给定值输入4~20mA

电气接线仅用于WRZ型：

K4 =②④带DIN 43 650-AM2的插座 不带插头 插套单独订货

WRZE型：

K31 =②④带符合E DIN 43 563-AM6-3的插座 不带插头 插头单独订货

控制油的进油和排油

无代号 = 外供控制油 外部排油

E = 内供控制油 外部排油

ET = 内供控制油 内部排油

T = 外供控制油 内部排油

（对于NS 52和4WRH型只能是“无代号”）

无代号 = 非特殊保护型式

J = 抗海水腐蚀

无代号 = 不带手动应急操作

N9 =②③ 带保护罩手动应急操作

电控部分供电电压

G24 =② 24V直流电（标准配置）

6E =② 线圈可单独拆卸的比例电磁铁

无代号 = 板式结构

F = 法兰式连接结构（仅用于NS 52）

7X = 70~79系列（70~79：安装和连接尺寸不变）

在阀压差Δp=1MPa时的额定流量/L·min^{-1}

25 =	50 =	85 =	通径10
	100 =	150 =	通径16
	220 =	325 =	通径25
	360 =	520 =	通径32
		1000 =	通径52

① 适用于符合DIN 51 524的矿物油(HL,HLP)

② 对于不带先导阀的4WRH和4WRZ型不含此项

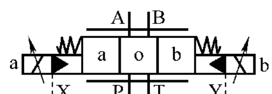
③ 对于结构型式“J”→“N”代替“N9”

④ 对于结构型式“J”=抗海水腐蚀只采用“K31”的型式！

（2）机能符号(见图 22. 12-52)

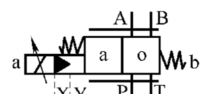
电液控形式，外置放大器

型号...4WRZ-7X./...和
型号...4WRZ52-7XF./...

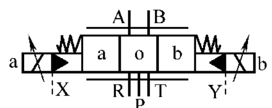


X=外控
Y=外排

型号...4WRZ...A-7X./...和
型号...4WRZ52-7XF./...

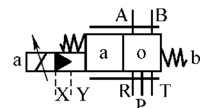


型号...5WRZ52-7X./...

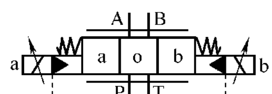


X=外控
Y=外排

型号...5WRZ52A-7X./...

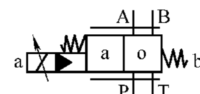


型号...4WRZ...-7X./...ET...



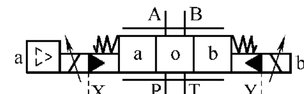
X=内控
Y=内排

型号...4WRZ.A...-7X./...ET...



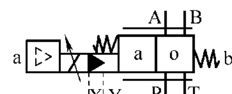
电液控形式，内置放大器

型号...4WRZE-7X./...和
型号...4WRZE52-7XF./...

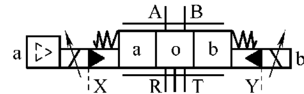


X=外控
Y=外排

型号...4WRZE...A-7X./...和
型号...4WRZE52-7XF./...

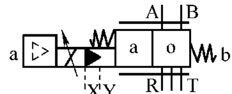


型号...5WRZE52-7X./...

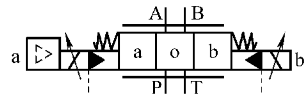


X=外控
Y=外排

型号...5WRZE52A-7X./...

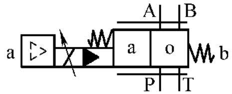


型号...4WRZE7X./T?



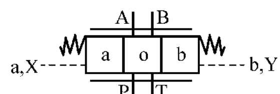
X=内控
Y=内排

型号...4WRZEA 7X./T



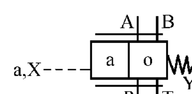
液控形式

型号...4WRH-7X./...和
型号...4WRH52-7XF./...

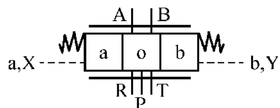


X=外控
Y=外排

型号...4WRH...A-7X./...和
型号...4WRH52-7XF./...



型号...5WRH52-7X./...



X=外控
Y=外排

型号...5WRH52A-7X./...

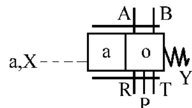


图 22. 12-52　4WRZ 和 4WRH 型比例方向阀机能符号

（3）技术参数(见表 22. 12-29)

表 22. 12-29　4WRZ 和 4WRH 型比例方向阀技术参数

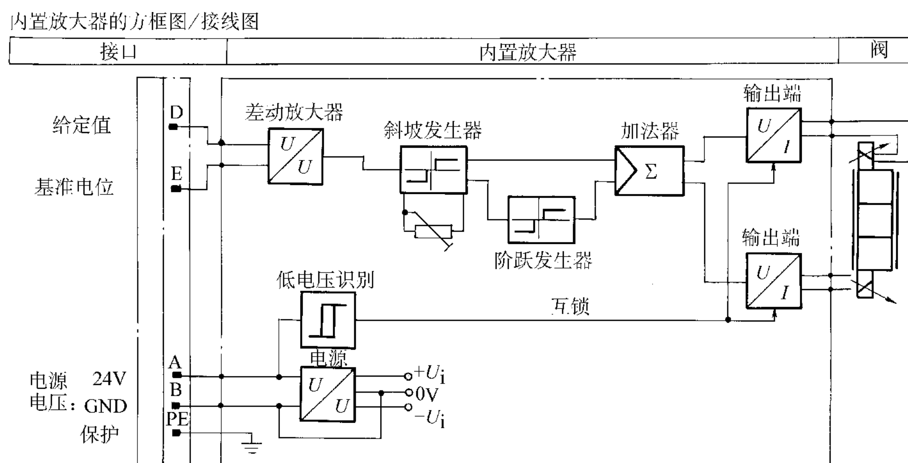
概述		
阀的型号	WRZ	WRZE
安装位置	任意，但优先水平安装	
储藏温度/℃	-20～80	

（续）

项目			10	16	25	32	52
使用环境温度/℃			−20～70			−20～50	
重量 型号 WRZ… （WRZE…型） 的重量还须加上 0.2kg）	板式连接 N	NS10/kg	7.8				
		NS16/kg	13.4				
		NS25/kg	18.2				
		NS32/kg	42.2				
		NS52/kg	79.5				
	法兰连接	NS52/kg	77.5				
液压参数（在 $p=10$MPa，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得）							
通径 NS			10	16	25	32	52
工作压力　/MPa —先导阀，外控			3～10				2～10 —
内控 /MPa			10～31.5 “D3”	10～35 装有“D3”			
—主阀/MPa			～31.5	～35	～35	～35	～35
回油压力	油口 T（油口 R）/MPa（先导外部回油）		～31.5	～25	～25	～15	～25
	油口 T/MPa（先导内部回油）		～3	～3	～3	～3	—
	油口 Y/MPa		～3	～3	～3	～3	～3
控制油体积/cm^3 用于主阀 0 至 100% 的换向			1.7	4.6	10	26.5	54.3
油口 X 和 Y 的控制油流量/L·min^{-1} 当输入阶跃信号时（0%→100%）			3.5	5.5	7	15.9	7
主阀的流量/L·min^{-1}			～170	～460	～870	～1600	～2800
液压油			符合 DIN51524 标准的矿物油（HL，HLP）； 使用其他油液请向博世力士乐公司咨询！				
油液温度范围/℃			−20～80（优先选择 40～50）				
粘度范围/$mm^2 \cdot s^{-1}$			20～380（优先选择 30～46）				
油液清洁度			油液最高污染等级按 NAS1638			推荐过滤器最小过滤比 $\beta_x \geqslant 75$	
	先导阀		第 7 级			x＝5	
	主阀		第 9 级			x＝15	
滞环（%）			≤6				
阀的电气参数							
阀的型号			WRZ			WRZE	
保护形式			IP65				
电压类型			直流电源				
信号类型			模拟量				
给定值遮盖（%）			15				
最大电流/A			1.5			2.5	
电磁铁线圈电阻	20℃时的冷值/Ω		4.8			2	
	最大热值/Ω		7.2			3	
通电率（%）			100				
线圈温度/℃			～150				
电气接线	WRZ		带符合 DIN 43 650-AM2 标准的插座				
			插头符合标准 DIN 43 650-AF2/Pg11 2				
	WRZE		带符合 E DIN 43 563-AM6-3 标准的插座				
			插头符合标准 E DIN 43 563-BF6-3/Pg11				
放大器的电气参数							
WRZE 型的内置式放大器			内置于阀内				
电流消耗	I_{max}/A		—			1.8	
	脉冲电流/A		—			3	
给定值信号	结构型式“A1”/V		—			±10	
	结构型式“F1”/mA		—			4～20	
WRZ 型外控放大器							
模拟式放大器欧洲制度	带 1 个斜坡调节		VT-VSPA2-50-1×/T1				
	带 5 个斜坡调节		VT-VSPA2-50-1×/T5				
欧洲制式的数字式放大器			VT-VSPD-1-1×/…				
模块式放大器			VT 11 118-1×/…				
			VT 11 011-1×/…				

（续）

内置放大器的方框图/接线图



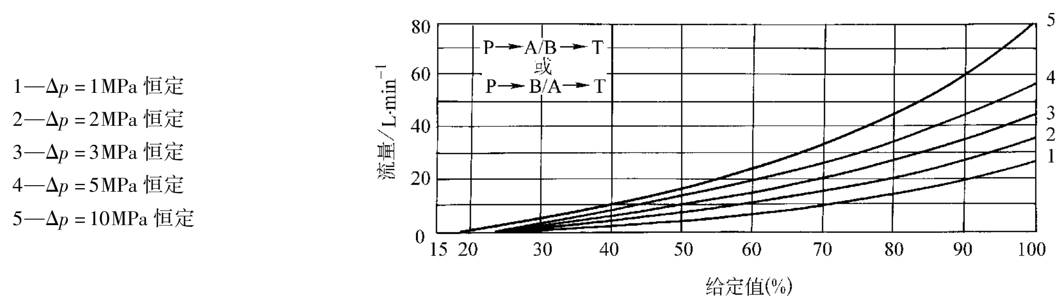
（4）特性曲线（见表 22.12-30）

表 22.12-30　4WRZ 和 4WRH 型比例方向阀特性曲线

特性曲线（在阀的机能“E，W6-，EA，W6A” $p=10\text{MPa}$，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得）　NS10

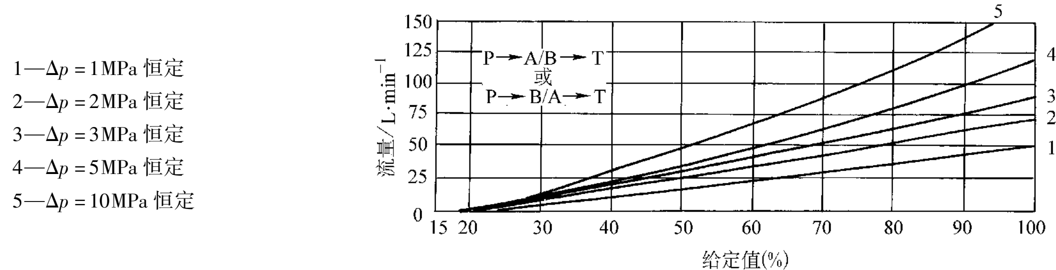
阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 25L/min

1—$\Delta p=1\text{MPa}$ 恒定
2—$\Delta p=2\text{MPa}$ 恒定
3—$\Delta p=3\text{MPa}$ 恒定
4—$\Delta p=5\text{MPa}$ 恒定
5—$\Delta p=10\text{MPa}$ 恒定



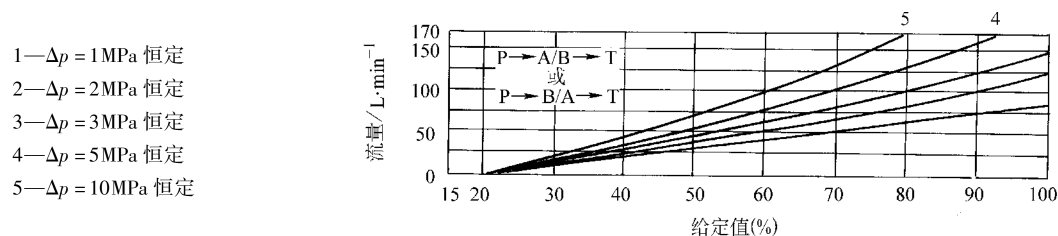
阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 50L/min

1—$\Delta p=1\text{MPa}$ 恒定
2—$\Delta p=2\text{MPa}$ 恒定
3—$\Delta p=3\text{MPa}$ 恒定
4—$\Delta p=5\text{MPa}$ 恒定
5—$\Delta p=10\text{MPa}$ 恒定



阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 85L/min

1—$\Delta p=1\text{MPa}$ 恒定
2—$\Delta p=2\text{MPa}$ 恒定
3—$\Delta p=3\text{MPa}$ 恒定
4—$\Delta p=5\text{MPa}$ 恒定
5—$\Delta p=10\text{MPa}$ 恒定



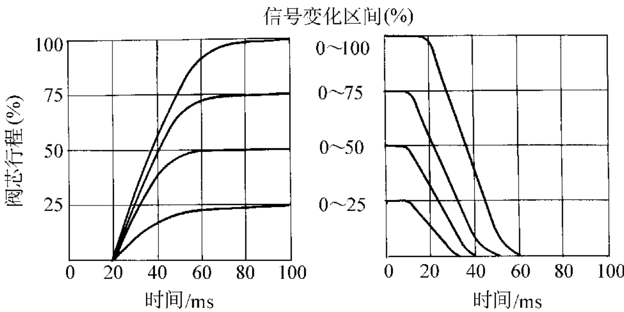
Δp = 符合标注 DIN 24 311 规定的阀的压差（进口压力 p_P 减去负载压力 p_L 减去回油压力 p_T）

（续）

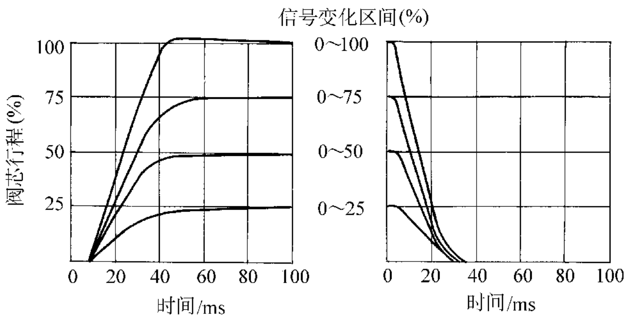
特性曲线（在阀的机能“E，W6-，EA，W6A”$p=10\text{MPa}$，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得）	NS10

输入信号为阶跃信号时阀的过渡性能 $p_{st}=5\text{MPa}$

型号 4WRZ…



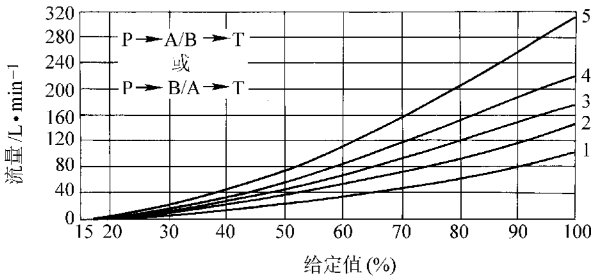
型号 4WRZE…



特性曲线（在阀的机能“E，W6-，EA，W6A”$p=10\text{MPa}$，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得）	NS16

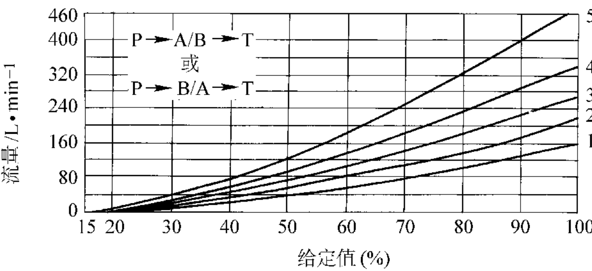
阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 100L/min

1—$\Delta p=1\text{MPa}$ 恒定
2—$\Delta p=2\text{MPa}$ 恒定
3—$\Delta p=3\text{MPa}$ 恒定
4—$\Delta p=5\text{MPa}$ 恒定
5—$\Delta p=10\text{MPa}$ 恒定



阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 150L/min

1—$\Delta p=1\text{MPa}$ 恒定
2—$\Delta p=2\text{MPa}$ 恒定
3—$\Delta p=3\text{MPa}$ 恒定
4—$\Delta p=5\text{MPa}$ 恒定
5—$\Delta p=10\text{MPa}$ 恒定



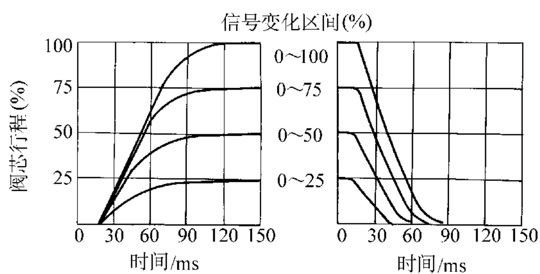
Δp = 符合标准 DIN 24 311 规定的阀的压差（进口压力 p_P 减去负载压力 p_L 减去回油压力 p_T）

（续）

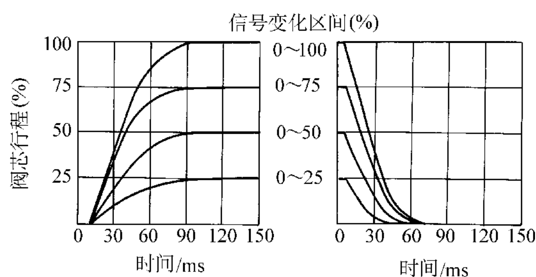
特性曲线（在阀的机能“E，W6-，EA，W6A” $p=10\mathrm{MPa}$，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得）	NS16

输入信号为阶跃信号时阀的过渡性能 $p_{st}=5\mathrm{MPa}$

型号 4WRZ…



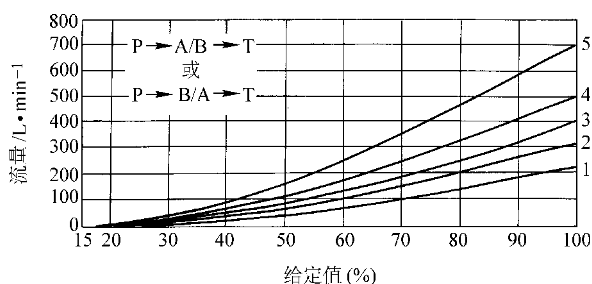
型号 4WRZE…



特性曲线（在阀的机能“E，W6-，EA，W6A” $p=10\mathrm{MPa}$，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得）	NS25

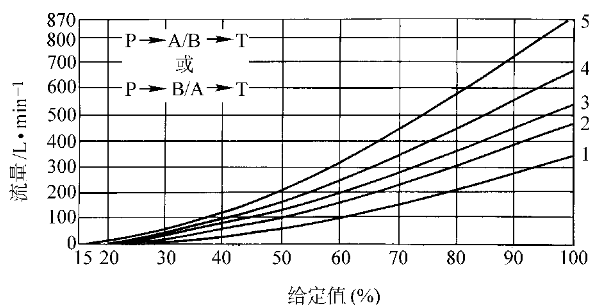
阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 220L/min

1—$\Delta p=1\mathrm{MPa}$ 恒定
2—$\Delta p=2\mathrm{MPa}$ 恒定
3—$\Delta p=3\mathrm{MPa}$ 恒定
4—$\Delta p=5\mathrm{MPa}$ 恒定
5—$\Delta p=10\mathrm{MPa}$ 恒定



阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 325L/min

1—$\Delta p=1\mathrm{MPa}$ 恒定
2—$\Delta p=2\mathrm{MPa}$ 恒定
3—$\Delta p=3\mathrm{MPa}$ 恒定
4—$\Delta p=5\mathrm{MPa}$ 恒定
5—$\Delta p=10\mathrm{MPa}$ 恒定



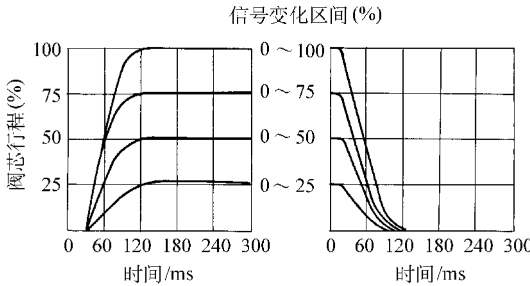
Δp = 符合标注 DIN 24 311 规定的阀的压差（进口压力 p_P 减去负载压力 p_L 减去回油压力 p_T）

（续）

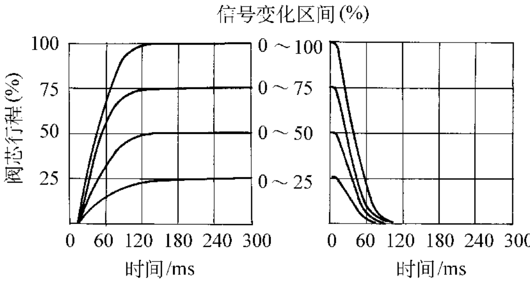
特性曲线（在阀的机能“E，W6-，EA，W6A” $p=10\text{MPa}$，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得） NS25

输入信号为阶跃信号时阀的过渡性能 $p_{st}=5\text{MPa}$

型号 4WRZ…



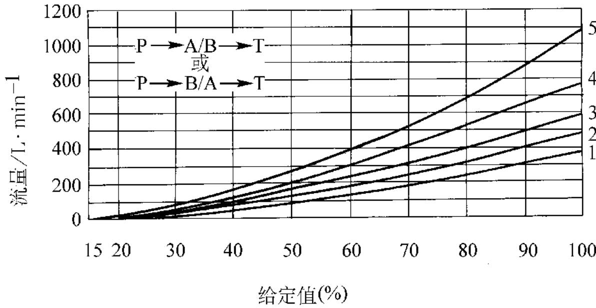
型号 4WRZE…



特性曲线（在阀的机能“E，W6-，EA，W6A” $p=10\text{MPa}$，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得） NS32

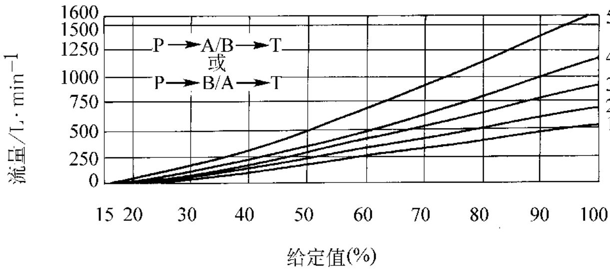
阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 360L/min

1—$\Delta p=1\text{MPa}$ 恒定
2—$\Delta p=2\text{MPa}$ 恒定
3—$\Delta p=3\text{MPa}$ 恒定
4—$\Delta p=5\text{MPa}$ 恒定
5—$\Delta p=10\text{MPa}$ 恒定



阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 520L/min

1—$\Delta p=1\text{MPa}$ 恒定
2—$\Delta p=2\text{MPa}$ 恒定
3—$\Delta p=3\text{MPa}$ 恒定
4—$\Delta p=5\text{MPa}$ 恒定
5—$\Delta p=10\text{MPa}$ 恒定



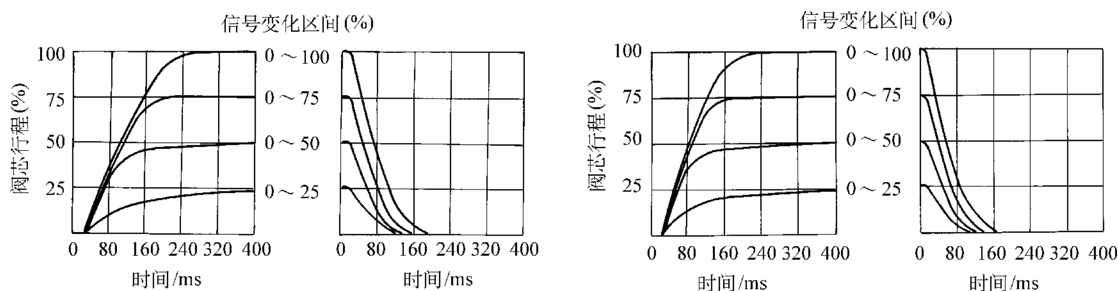
Δp = 符合标注 DIN 24 311 规定的阀的压差（进口压力 p_P 减去负载压力 p_L 减去回油压力 p_T）

（续）

特性曲线（在阀的机能"E，W6-，EA，W6A"$p=10$MPa，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得）	NS32

输入信号为阶跃信号时阀的过渡性能

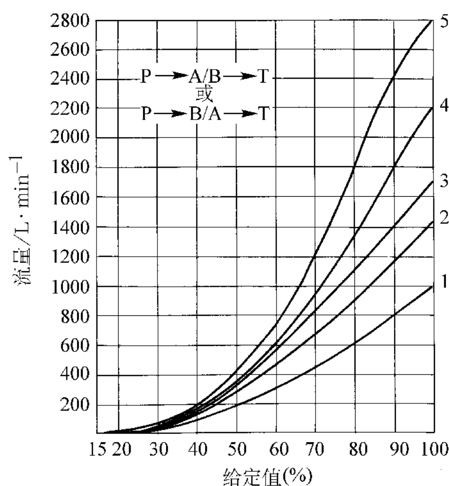
型号 4WRZ…　　型号 4WRZE…



特性曲线（在阀的机能"E，W6-，EA，W6A"$p=10$MPa，矿物油 HLP46，40℃ ±5℃时测得）	NS52

阀的压差为 1MPa 时，额定流量为 1000L/min

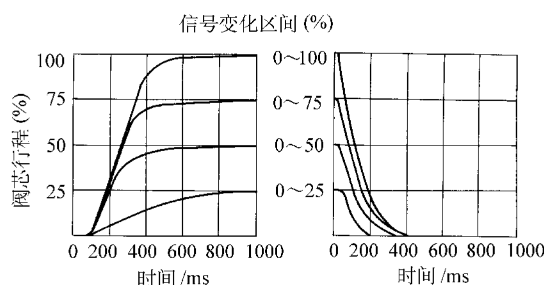
1—$\Delta p=1$MPa 恒定
2—$\Delta p=2$MPa 恒定
3—$\Delta p=3$MPa 恒定
4—$\Delta p=5$MPa 恒定
5—$\Delta p=10$MPa 恒定



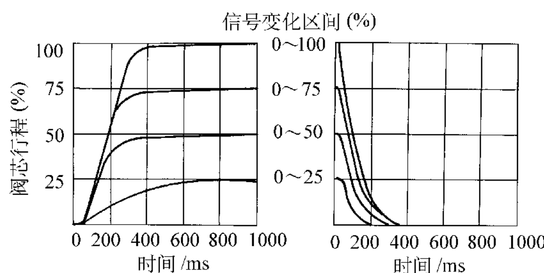
Δp = 符合标注 DIN 24 311 规定的阀的压差（进口压力 p_P 减去负载压力 p_L 减去回油压力 p_T）

输入信号为阶跃信号时阀的过渡性能

型号 WRZ…



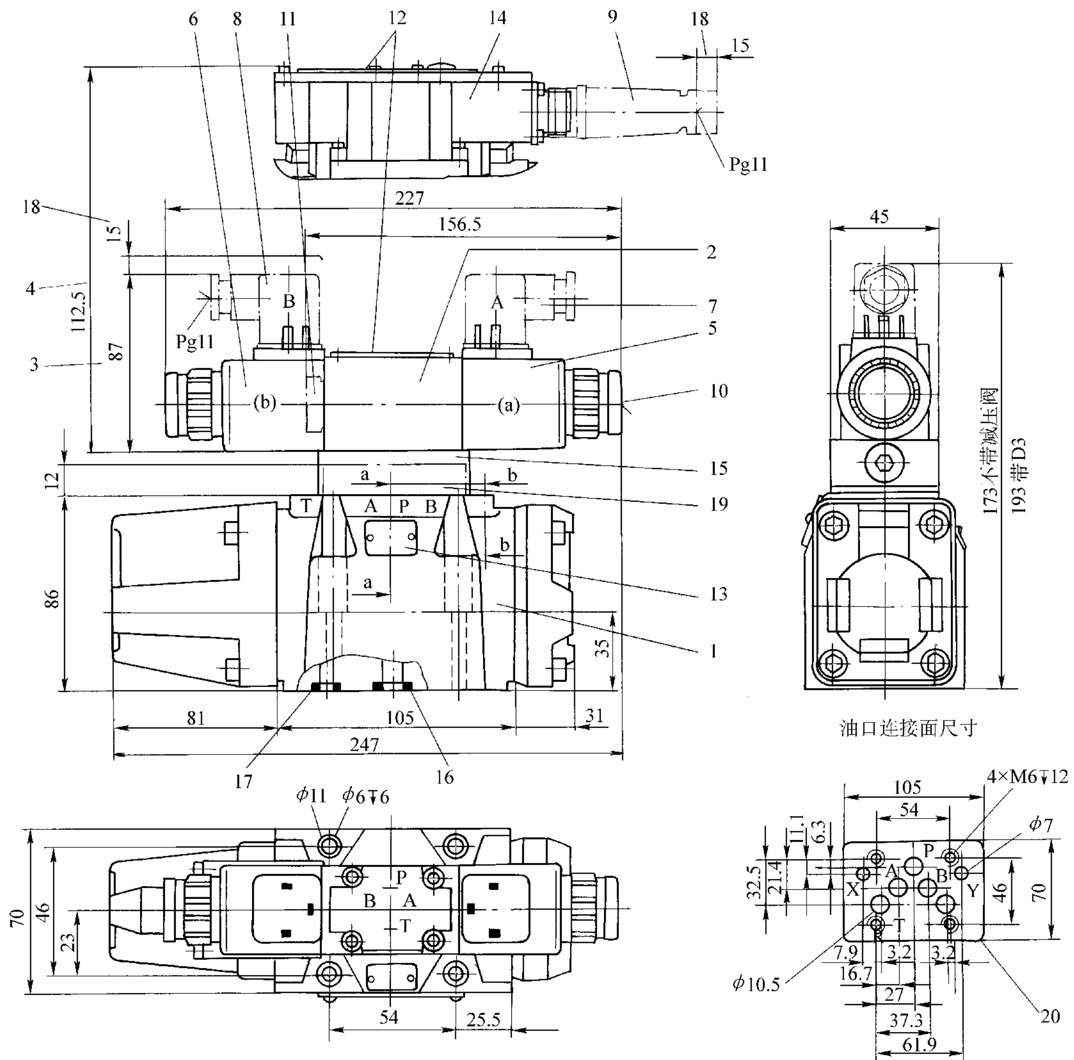
型号 WRZE…



(5) 外形尺寸(见表22.12-31)

表22.12-31 4WRZ和4WRH型比例方向阀外形尺寸

NS10



安装底板符合样本RE 45 054，固定用螺栓须单独定货。

安装底板：G 534/01(G 3/4)　不带X、Y口

G 535/01(G 3/4)　带X、Y口

G 536/01(G 1)　带X、Y口

阀固定用螺栓：

4个M6×45 DIN 912-10.9；M_A = 15.5N · m

1—主阀

2—先导阀

3—"4WRZ…"型尺寸(不抗海水腐蚀)

4—"4WRZE."型尺寸

5—比例电磁铁a

6—比例电磁铁b

7—插头A，单独订货

8—插头B，单独订货

9—符合E-DIN 43 563的插头，单独订货

10—保护罩手动应急操作N9

11—用于单电控阀的端盖

12—先导阀铭牌

13—主阀铭牌

14—内置放大器

15—减压阀

16—R形圈13×1.6×2；用于油口A，B，P，T

17—R形圈11.18×1.6×1.78；用于油口X，Y

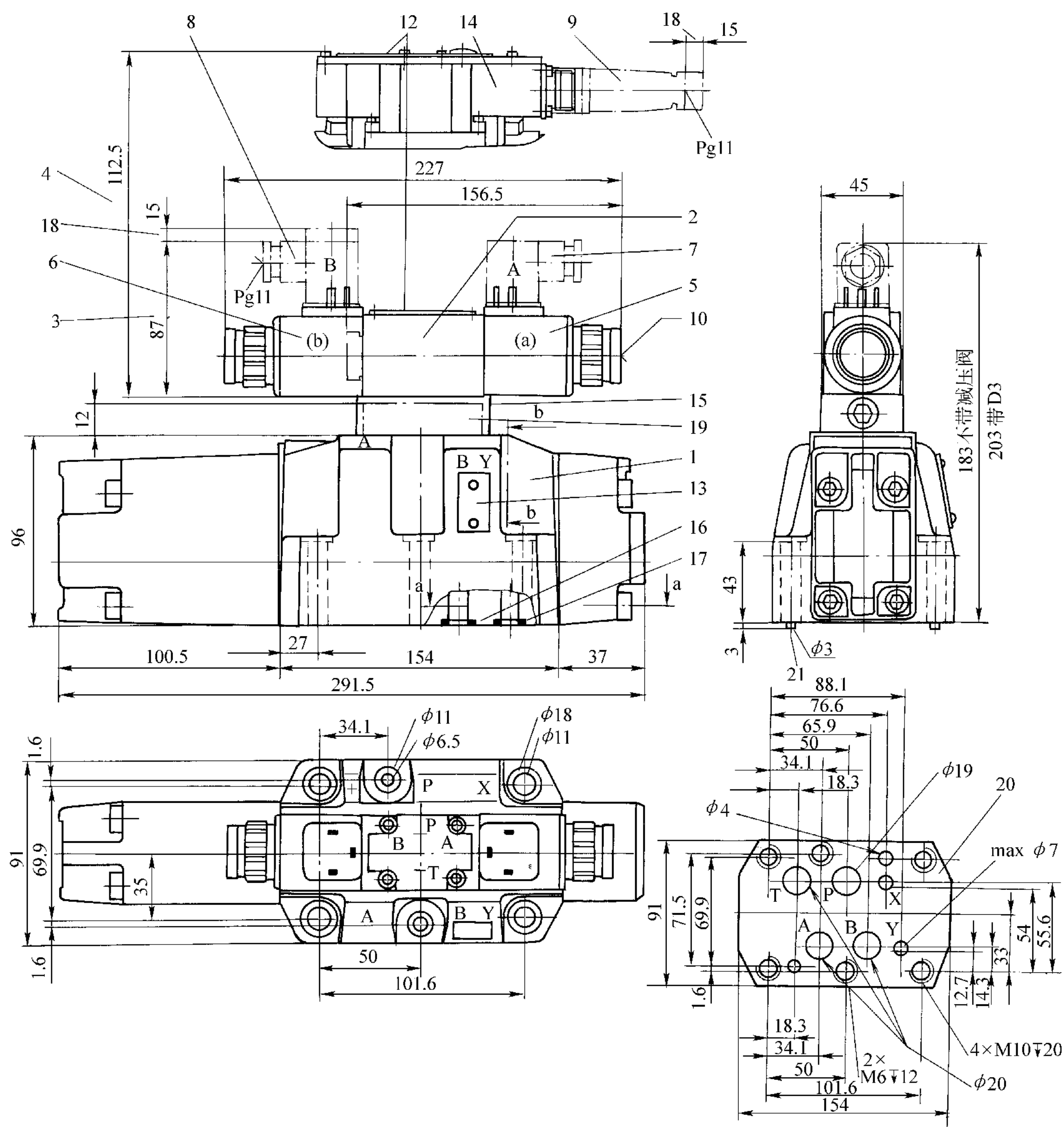
18—取下插头所需空间

19—转接板(用于4WRH…)

20—阀底面，底板符合DIN 24 340A型，ISO 4401和CETOP-RP121H(X,Y口根据需要而定)

（续）

NS16



阀固定用螺栓：

2 个 M6×60 DIN 912-10.9；M_A=15.5N·m

4 个 M10×60 DIN 912-10.9；M_A=75N·m

1—主阀

2—先导阀

3—“4WRZ…” 型尺寸(不抗海水腐蚀)

4—“4WRZE.” 型尺寸

5—比例电磁铁 a

6—比例电磁铁 b

7—插头 A，单独订货

8—插头 B，单独订货

9—符合 E-DIN 43 563 的插头，单独订货

10—保护罩手动应急操作 N9

11—用于单电控阀的端盖

12—先导阀铭牌

13—主阀铭牌

14—内置放大器

15—减压阀

16—R 形圈 22.53×2.3×2.62；用于油口 A，B，P，T

17—R 形圈 10×2×2；用于油口 X，Y

18—取下插头所需空间

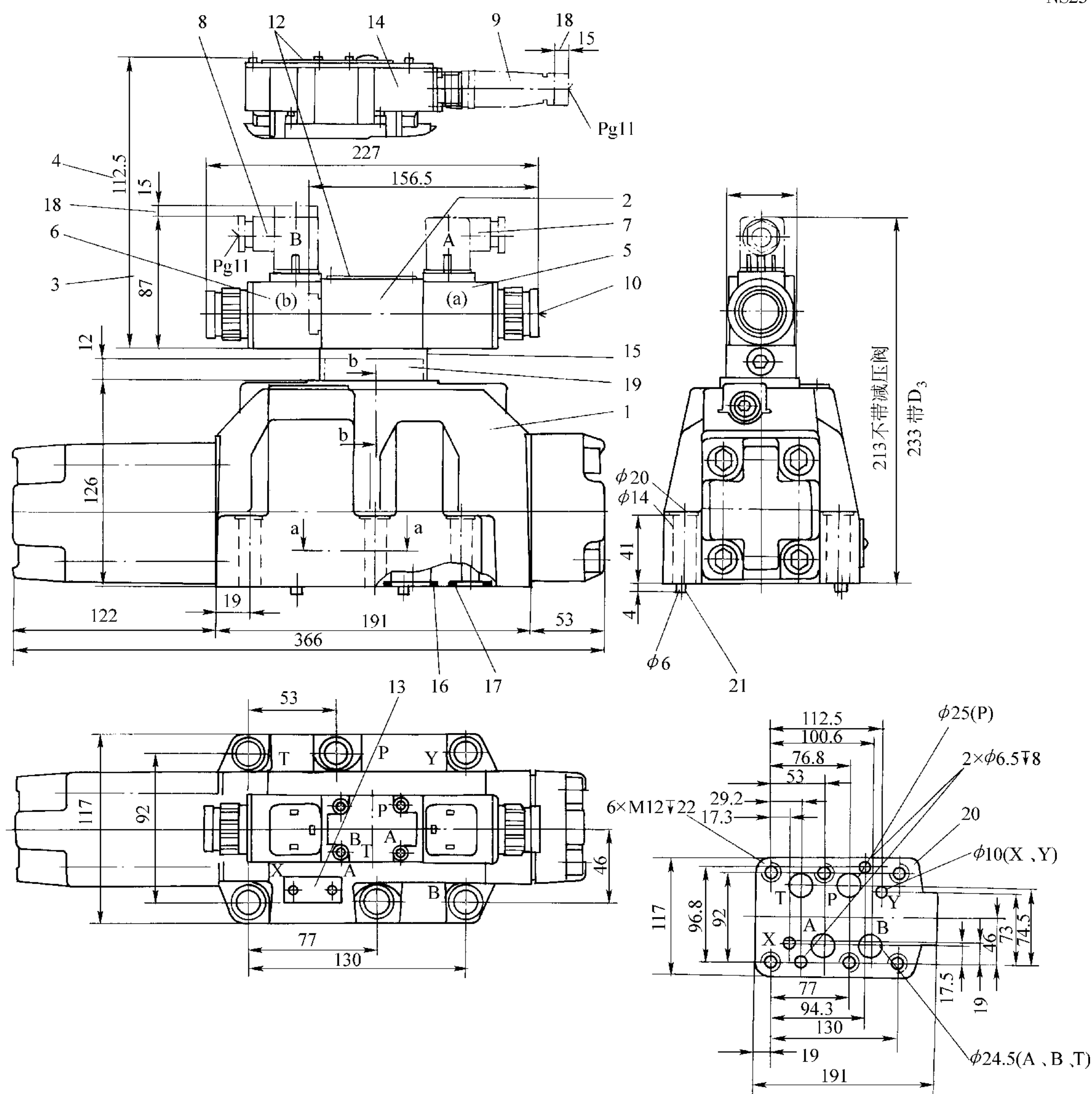
19—转接板(用于 4WRH…)

20—阀底面，底板符合 DIN 24 340 A 型，ISO 4401 和 CETOP-RP121H

21—定位销

（续）

NS25



阀固定用螺栓：

6 个 M12 ×60 DIN 912-10. 9；M_A =130N · m

1—主阀

2—先导阀

3—“4WRZ…”型尺寸（不抗海水腐蚀）

4—“4WRZE.”型尺寸

5—比例电磁铁 a

6—比例电磁铁 b

7—插头 A，单独订货

8—插头 B，单独订货

9—符合 E-DIN 43 563 的插头，单独订货

10—保护罩手动应急操作“N9”

11—用于单电控阀的端盖

12—先导阀铭牌

13—主阀铭牌

14—内置放大器

15—减压阀

16—R 形圈 27. 8 ×2. 6 ×3；用于油口 A，B，P，T

17—R 形圈 19 ×3 ×3；用于油口 X，Y

18—取下插头所需空间

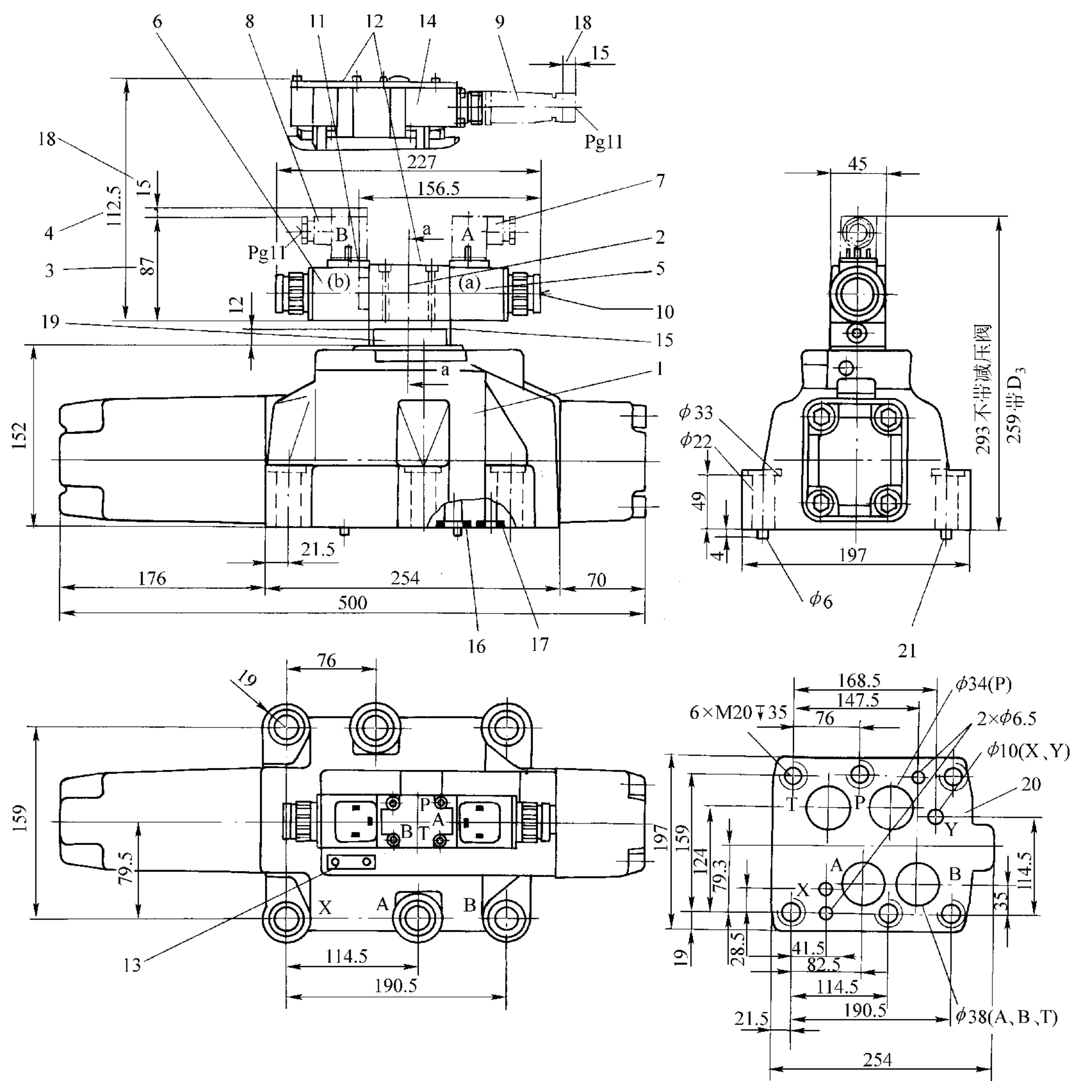
19—转接板(用于 4WRH…)

20—阀底面，底板符合 DIN 24 340 A 型，ISO 4401 和 CETOP-RP121H

21—定位销

（续）

NS32



阀固定用螺栓：

6 个 M20×80 DIN 912-10.9；M_A =430N·m

1—主阀

2—先导阀

3—“4WRZ…”型尺寸(不抗海水腐蚀)

4—“4WRZE.”型尺寸

5—比例电磁铁 a

6—比例电磁铁 b

7—插头 A，单独订货

8—插头 B，单独订货

9—符合 E-DIN 43 563 的插头，单独订货

10—保护罩手动应急操作 N9

11—用于单电控阀的端盖

12—先导阀铭牌

13—主阀铭牌

14—内置放大器

15—减压阀

16—R 形圈 42.5×3×3；用于油口 A，B，P，T

17—R 形圈 19×3×3；用于油口 X，Y

18—取下插头所需空间

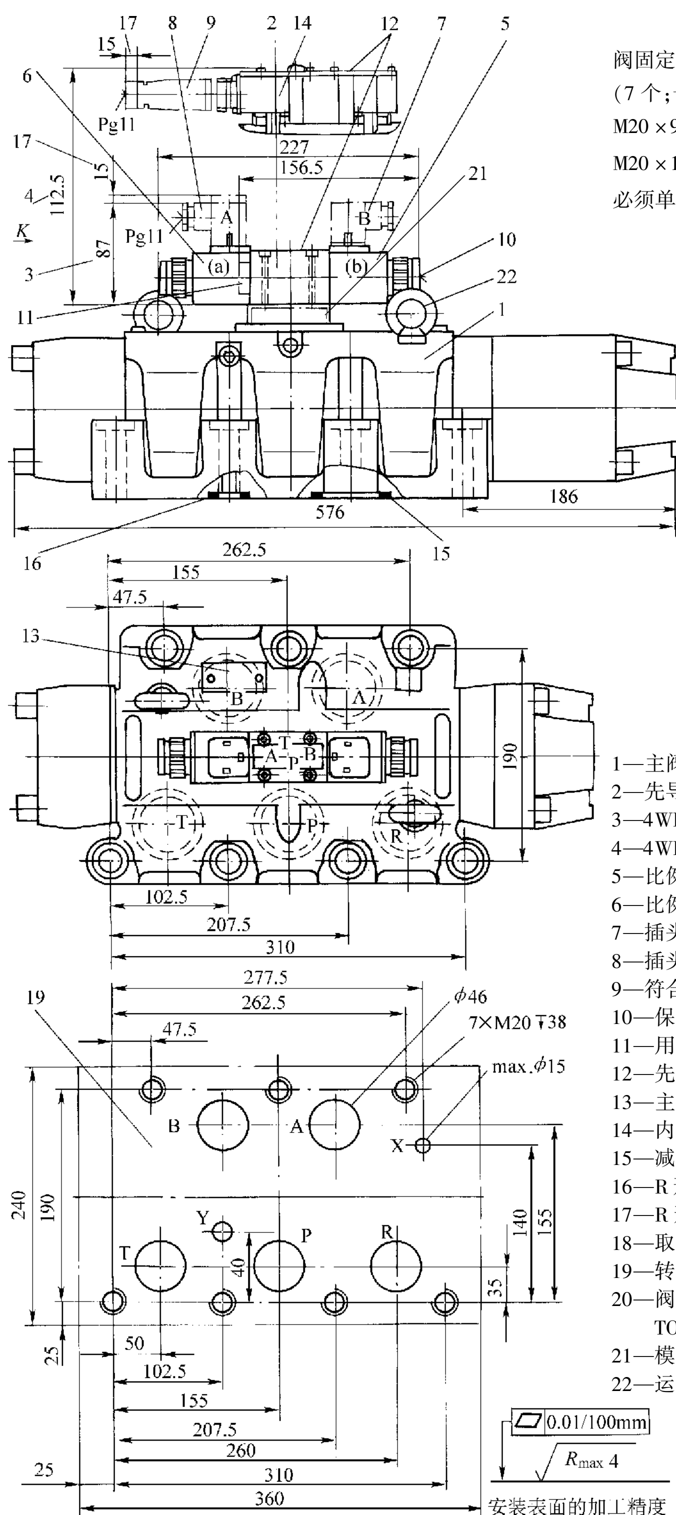
19—转接板(用于 4WRH…)

20—阀底面，底板符合 DIN 24 340 A 型，ISO 4401 和 CETOP-RP121H

21—定位销

（续）

NS52



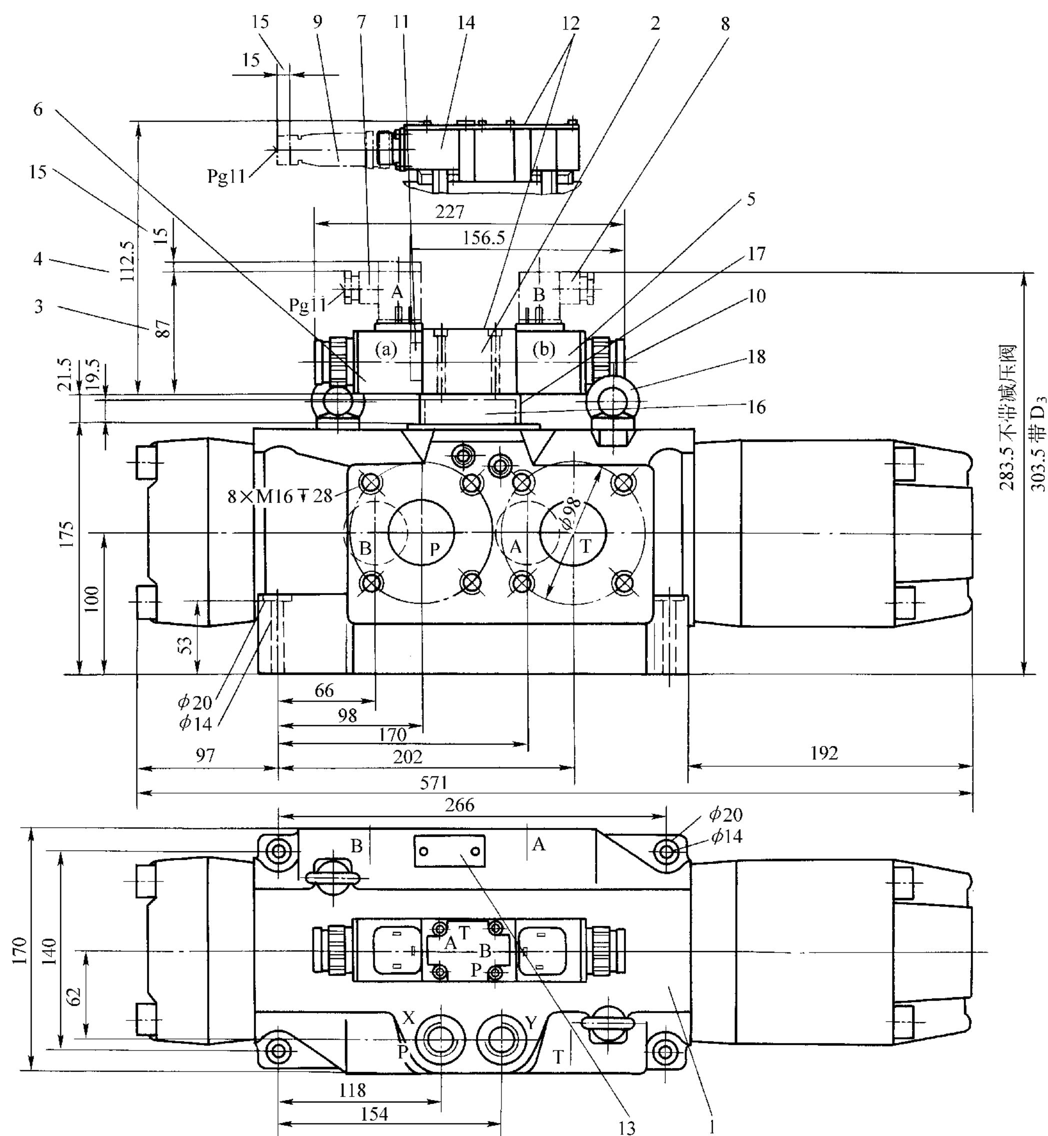
阀固定用螺栓：
（7个；长度与连接件的材料有关）
M20×90 DIN 912-10.9；M_A=610N·m（钢）或
M20×100 DIN 912-10.9；M_A=610N·m（铸铁）
必须单独定货

1—主阀
2—先导阀
3—4WRZ…型尺寸（不抗海水腐蚀）
4—4WRZE. 型尺寸（抗海水腐蚀）
5—比例电磁铁 a
6—比例电磁铁 b
7—插头 A，单独订货
8—插头 B，单独订货
9—符合 E-DIN 43 563 的插头，单独订货
10—保护罩手动应急操作 N9
11—用于单电控阀的端盖
12—先导阀铭牌
13—主阀铭牌
14—内置放大器
15—减压阀
16—R 形圈 54.5×3.53×3.53；用于油口 A，B，P，T
17—R 形圈 18.64×3.53×3.53；用于油口 X，Y
18—取下插头所需空间
19—转接板（用于 4WRH…）
20—阀底面，底板符合 DIN 24 340 B 型，ISO 4401 和 CETOP-RP121H
21—模头连接板
22—运输辅助支撑

安装表面的加工精度

（续）

NS52



阀固定用螺栓：

4 个 M12×70 DIN 912-10.9；$M_A=130\text{N}\cdot\text{m}$

1—主阀

2—先导阀

3—“4WRZ.”型尺寸(不抗海水腐蚀)

4—“4WRZE.”型尺寸

5—比例电磁铁(a)

6—比例电磁铁(b)

7—插头 A，单独订货

8—插头 B，单独订货

9—符合 E-DIN 43 563 的插头，单独订货

10—保护罩手动应急操作 N9

11—用于单电控阀的端盖

12—先导阀铭牌

13—主阀铭牌

14—内置放大器

15—取下插头所需空间

16—转接板(用于 4WRH…)

17—模头连接板

18—运输辅助支撑

11.3.3 三通比例方向阀

（1）3DREP与3DREPE三通比例方向阀

1）型号说明

3DREP		6	–2X /		E	G24			/		*

外置放大器 =无代码
带内置放大器 =E

通径6 =6

符号（简化）
=A
=B
=C

系列20至29 =2X
（20至29：安装及连接尺寸保持不变）

压力等级1.6MPa =16
压力等级2.5MPa =25
压力等级4.5MPa =45

E= 带可更换线圈的比例电磁铁

G24= 电控器供电电压24V DC

无代码= 无手柄
N9 –3) 带保护手动越控

无代码= 无特殊保护装置
J= 防海水腐蚀

电子接线
K4=2) 3DREP型带有DIN EN 175 301-803标准插座插头需另行订货
K31=2) 3DREPE型带有DIN EN 175 201-804标准插座插头需另行订货

无代码= 对3DREP
对3DREPE
A1= 输入设定值±10V

M=1) 丁腈橡胶密封
V= 氟橡胶密封

其他细节用文字说

1) 适用于矿物油（HL,HLP）按DIN51 524
2) "J"型式=（防止海外腐蚀）只可使用"K31"
3) "J"型式="N"用来代替"N9"

可根据需要选用专用的电保护装置！

2）机能符号（见图22.12-53）

图22.12-53 3DREP与3DREPE三通比例方向阀机能符号

3）技术参数(见表 22.12-32,使用时如果超出了　　规定的技术参数的范围,请向博世力士乐公司咨询)

表 22.12-32　3DREP 与 3DREPE 三通比例方向阀技术参数

概要			
阀型号		3DERP	3DERPE
安装		随意，推荐水平安装	
存储温度范围/℃		-20～80	
环境温度范围/℃		-20～70	-20～50
重量/kg		2.0	2.2
液压(在 HLP 46;t_{oil}=40℃ ±5℃下测得)			
最大工作压力	P 口/MPa /MPa /MPa	2.0～10.0 压力等级 1.6 3.0～10.0 压力等级 2.5 5.0～10.0 压力等级 4.5	
	T 口/MPa	0～3.0	
最大流量/L·min^{-1}		15(Δp=5MPa)	
油液		矿物油(HL,HLP)按 DIN 51 524，其他油液请咨询	
油液温度/℃		-20～80(推荐 40～50)	
粘度范围/mm^2·s^{-1}		20～380(推荐 30～46)	
污染度等级		油液最高污染等级 按 ISO 4406(C)17/15/12 级①	
滞环(%)		≤5	
重复精度(%)		≤1	
响应灵敏度(%)		≤0.5	
反置误差(%)		≤1	
电气，电磁铁			
阀型号		3DREP	3DREPE
电压类型		DC	
信号类型		模拟	
设定信号	输入电压“A1”/V	—	±10
单个电磁铁最大电流/A		1.5	2.5
电磁铁铁圈电阻	20℃/Ω	4.8	2
	最大值/Ω	7.2	3
通电率(%)		100	
线圈温度/℃		至 150	
电气接线	3DREP	带插座，按 DIN EN 175 301-803	
		插头，按 DIN EN 175 301-803②	
	3DREPE	带插座，按 E DIN 43 563-AM6-3	
		插头，按 E DIN 43 563-BF6-3/Pg11②	
保护等级，按 DIN 40 050		IP65(必须采用正确的和安装紧固的插头)	

（续）

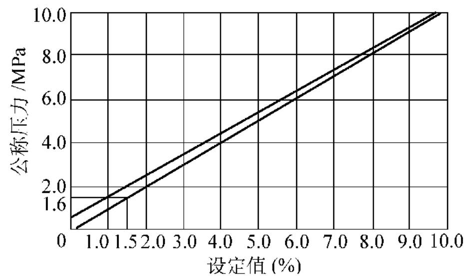
电气，电控器		
应用于类型3DREPE的集成电控器		集成在阀中
供电电压	公称电压/VDC	24
	低限值/V	19
	高限值/V	35
放大器 电流损耗	I_{max}/A	1.8
	脉冲电流/A	4
应用于类型3DREP的外接电控器		
模拟放大器 欧洲卡规格②	—产生一次斜坡	VT-VSPA2-50-1X/T1
	—产生五次斜坡	VT-VSPA2-50-1X/T5
欧洲卡规格数字放大器②		VT-VSPD-1-1X/...
模块化设计放大器②		VT 11118-1X/...

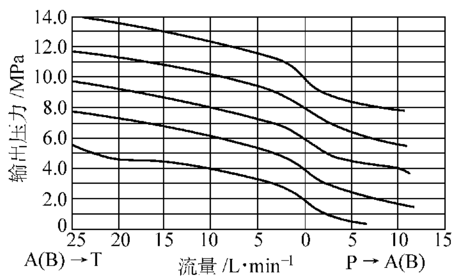
① 在液压系统中必须达到元件要求的清洁度等级，有效的过滤防止出现问题，也延长了元件的使用寿命。

② 另行订货。

4）特性曲线(见图22.12-54,在HLP46、t_{oil}=40℃±5℃及p=10MPa时测得)

5）安装尺寸(见表22.12-33)





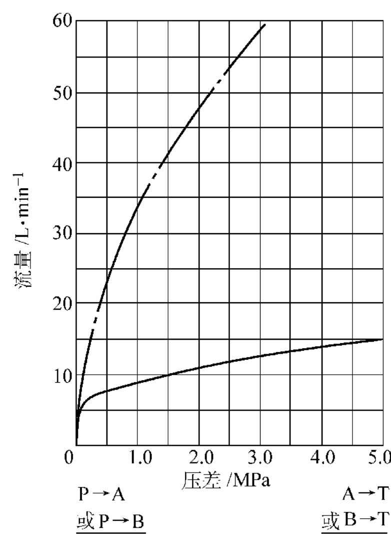
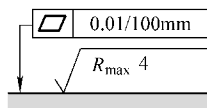


图22.12-54 3DREP与3DREPE三通比例方向阀特性曲线

表 22. 12-33　3DREP 与 3DREPE 三通比例方向阀安装尺寸

型号 3DREP

1—阀体
2—铭牌
3—比例电磁铁“a”
4—比例电磁铁“b”
5—插头“A”，灰色
6—插头“B”，灰色
7—油口A、B、P及T带相同密封圈
8—带保护罩的“N9”应急推杆
9—单电磁铁阀封堵(“a”或“B”型)
10—移除插头所需空间
11—阀机械安装平面及油口位置



配合平面所需的表面粗糙度

阀固定螺栓：

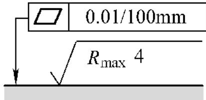
M5×50 DIN 912-10.9; M_A =8.9N·m

必须另行订货

（续）

型号 3DREP…J—防海水腐蚀

1—阀体
2—铭牌
3—比例电磁铁“a”
4—比例电磁铁“b”
5—插头
6—油口A、B、P及T带相同密封圈
7—带保护罩的“N9”应急推杆
8—单电磁铁阀封堵(“a”或“B”型)
9—移除插头所需空间
10—阀机械安装平面及油口位置



配合平面所需的表面粗糙度

阀固定螺栓：

M5×50 DIN 912-10.9; M_A=8.9N·m

必须另行订货

（续）

型号 3DREPE 和 3DREPE…J—防海水腐蚀

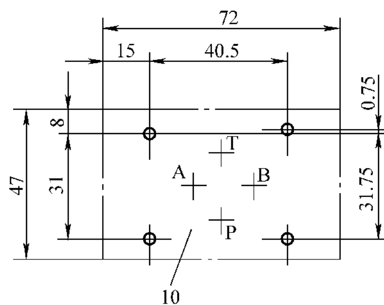
配合平面所需的表面粗糙度

阀固定螺栓：

M5×50 DIN 912-10.9; M_A=8.9N·m

必须另行订货

1 —阀体
2 —铭牌
3 —比例电磁铁“a”
4 —比例电磁铁“b”
5 —插头
6 —油口A、B、P及T带相同密封圈
7.1 —带保护罩的手动推杆“N9”
7.2 —手柄“N”，防海水腐蚀，J型
8 —单电磁铁阀封堵(“a”或“B”型)
9 —移除插头所需空间
10 —阀机械安装平面及油口位置
11 —内置放大器
12 —Dim.()，防海水腐蚀，J型



（2）DRE 与 ZDRE 三通比例方向阀

1）型号说明

2）机能符号(见图 22.12-55,夹层板符号:① = 元件面,② = 底板面)

3）技术参数(见表 22.12-34,使用时如果超出了规定的技术参数的范围,请向博世力士乐公司咨询)

图 22.12-55　DRE 与 ZDRE 三通比例方向阀机能符号

表 22.12-34　DRE 与 ZDRE 三通比例方向阀技术参数

概述		
安装		任意
存储温度范围/℃		－20 ~ 80
环境温度范围/℃		－20 ~ 70
重量	DRE 6/kg	1.96
	ZDRE 6/kg	1.90

（续）

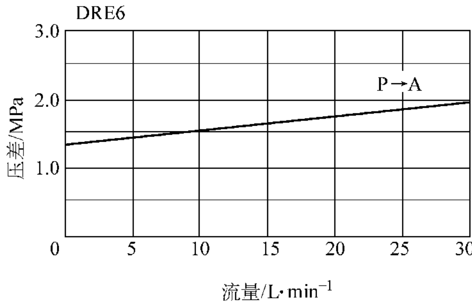
液压（在 HLP 46；t_{oil} = 40℃ ±5℃下测得）		
最大工作压力	P 与 P2 口/MPa	35
	P1、A 与 B 口/MPa	21
	T 口/MPa	单独零压回油箱
P1 与 A 口最高调节压力	压力等级/MPa	5
	压力等级/MPa	10
	压力等级/MPa	21
零输入下 P1 与 A 口最小调节压力/MPa		参考后面特性曲线
先导油流量/L · min^{-1}		0.65
最大流量/L · min^{-1}		30
油液		矿物油（HL，HLP）按样本 DIN 51 524 选用其他油液请咨询博世力士乐公司
污染度等级		油液最高污染等级 按 ISO 4406（C）20/18/15①
油液温度范围/℃		−20 ~ 80
粘度/mm^2 · s^{-1}		15 ~ 380
滞环（%）		最高压力调节值的 ±2
重复精度（%）		最高压力调节值的小于 ±2
线性度（%）		最高压力调节值的 ±3.5
制造误差引起的设定值-压力特性 曲线偏差，参照压力升高时的滞后特性曲线（%）		最高压力调节值的 ±2.5
阶跃响应 $T_u + T_g$ （在 0.2 ~ 5L 标准流量下测得）	10%→90%/ms	200（无压力脉动）
	90%→10%/ms	200（无压力脉动）
电气		
电压类型		24 V DC
最小先导电流/mA		100
最大先导电流/mA		1600
线圈电阻	20℃下测得/Ω	5
	最大值/mA	7.5
通电率		连续
电气接线		带符合 DIN EN 175 301-803 之插座
		插头按 DIN EN 175 301-803②
保护类型，按 DIN 40 050		IP 65（带固定及安装插头）
电控器 —欧洲卡规格放大器 （另行订货）	模拟	VT-VSPA1（K）-1
	数字	VT-VSPD-1
—模块化设计放大器（另行订货）	模似	VT 11132

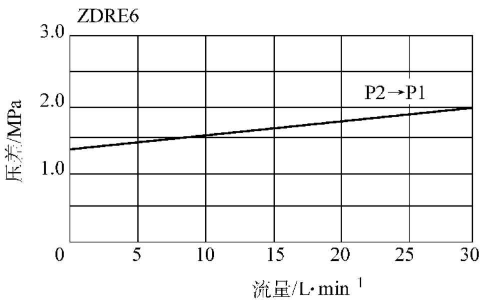
① 在液压系统中必须达到元件要求的清洁度等级，有效的过滤防止出现问题，也延长了元件的使用寿命。

② 另行订货。

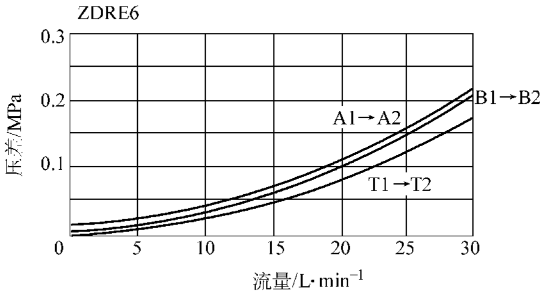
4）特性曲线（见图 22.12-56，在 HLP46、$t_{oil}=40℃ \pm 5℃$ 时测得）

$\Delta p-q_v$ 特性曲线

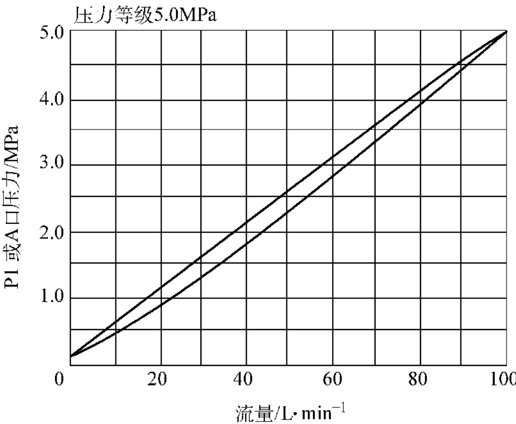


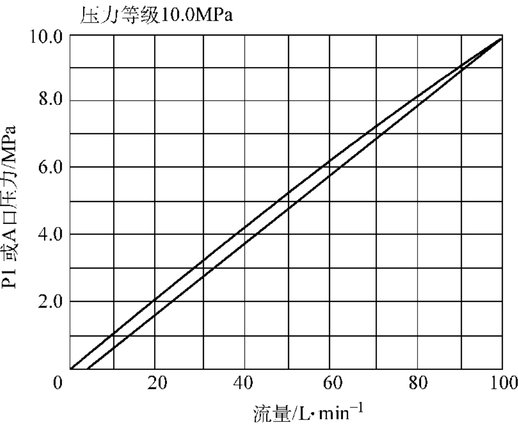


注：Δp 显示值为P口最小压力（p_2）减去A口最大调节压力（p_1）。



P1口或A口压力与设定值关系曲线





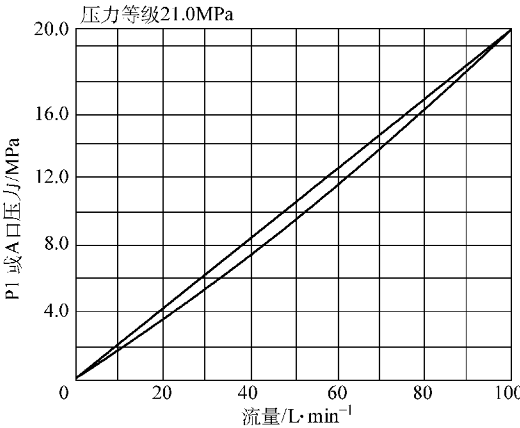
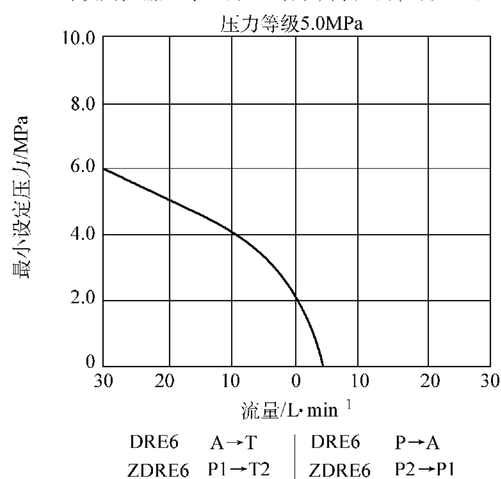
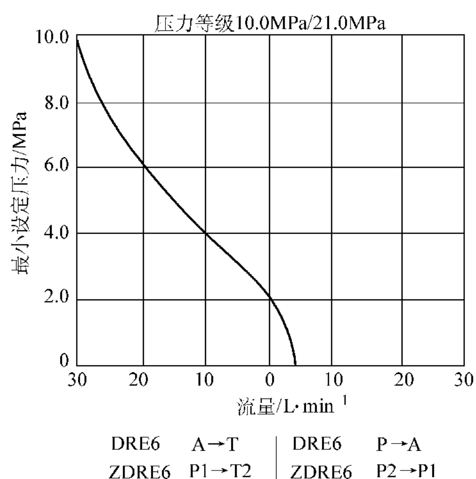


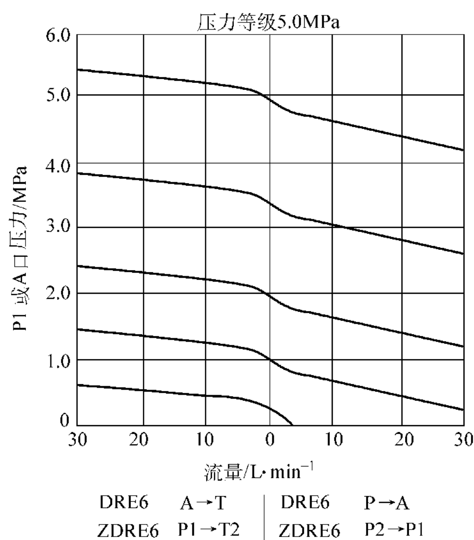
图 22.12-56　DRE 与 ZDRE 三通比例方向阀特性曲线

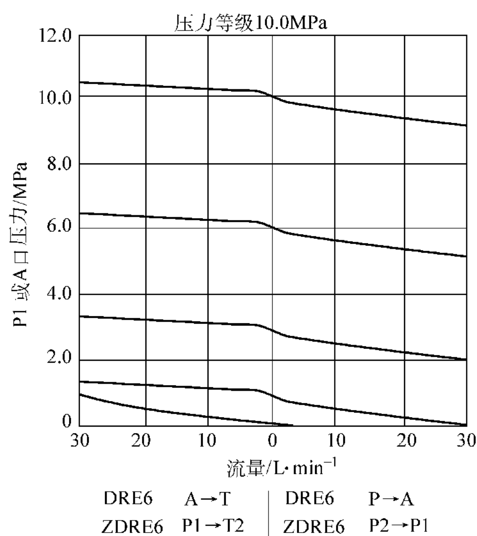
零设定值输入时P1或A口最小调节压力(T或T1口无背压)





P1或A口压力-流量





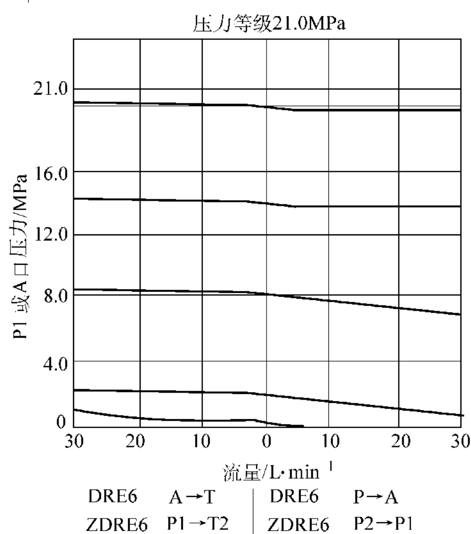


图 22. 12-56　DRE 与 ZDRE 三通比例方向阀特性曲线(续)

5）安装尺寸（见表22.12-35）

表22.12-35　DRE与ZDRE三通比例方向阀安装尺寸

型号 DRE6

1—比例电磁铁

2—阀体

3—铭牌

4—油口A、B、P及T带相同密封圈

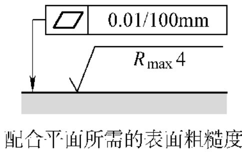
5—插头，
另行订货

6—移除插头所需空间

7—安装面按DIN 24340；A6型

8—六棱柱36A/F(对角直径ϕ39mm)

9—六棱柱24A/F



配合平面所需的表面粗糙度

阀固定螺栓必须另行订货

阀固定螺钉：M5×50 DIN 912-10.9;
M_A=7N·m

（续）

型号 ZDRE6

1 —比例电磁铁
2 —阀体
3 —铭牌
4 —油口A2、B2、P2及T2带相同密封圈
5 —插头，另行订货
6 —移除插头所需空间
7 —安装面按DIN 24340; A6型
8 —六棱柱36A/F(对角直径ϕ39mm)
9 —六棱柱24A/F

阀固定螺栓必须另行订货
阀固定螺钉：M 5 DIN 912 -10.9;
M_A =7 N·m

(3) ZDRE与ZDREE先导控制三通比例方向阀

1) 型号说明

Z	DRE		10	VP	–1X /		M	G24			*

夹层板 =Z

比例减压阀 =DRE

外接电控器 =无代码

带集成电控器 =E

通径10 =10

P1口减压 =VP

插入式插头位

=1 =3 =2 =4

1)阀安装平面(阀体上的R形圈沉孔)

系列10至19 (10至19:安装及连接尺寸保持不变) =1X

压力等级:

5.0MPa	=50
10.0MPa	=100
20.0MPa	=200
31.5MPa	=315

Y = 方向阀先导油从P2口供给 方向阀和ZDRE先导油外排

XY = 方向阀先导油外部供给 方向阀和ZDRE先导油外排

L = 方向阀先导油从P2口供给 方向阀先导油内内排 ZDRE阀外排

XL = 先导油供油口P2、X封死(直动式方向控制阀不需要先导油)

方向阀先导油排油口封死 (直动式控制阀不需要先导油) ZDRE阀外泄

注: 使用直动式方向控制阀时, 应考虑方向阀表面的油口X、Y设有R形圈沉孔。

其他细节用文字说明

M = 丁腈橡胶密封, 适用于矿物油 (HL,HLP) 按DIN 51 524

V= 氟橡胶密封, 适用于磷酸酯

型号ZDRE的电气接线:

K4 = 带插座 按DIN EN 175 301-803 插头需另行订货

型号ZDREE:

K31 = 带插座 按E DIN 43 563-AM6-3 插头需另行订货

G24 = 电控器电源 24V DC

M = 无单向阀

2）机能符号（见图 22.12-57，① = 元件面，② = 底板面）

3）技术参数（见表 22.12-36，使用时如果超出了规定的技术参数的范围，请向博世力士乐公司咨询）

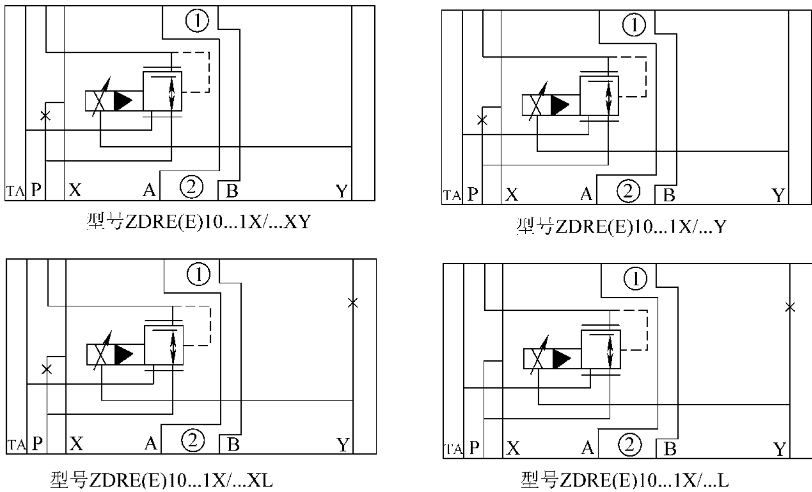


图 22.12-57　ZDRE 与 ZDREE 先导控制三通比例方向阀机能符号

表 22.12-36　ZDRE 与 ZDREE 先导控制三通比例方向阀技术参数

概要			
安装			比例电磁铁推荐向下安装或水平安装
存储温度范围/℃			-20～80
环境温度范围		ZDRE/℃	-20～70
		ZDREE/℃	-20～50
重量		ZDRE/kg	5.4
		ZDREE/kg	5.5
液压（在 HLP 46；t_{oil} =40℃ ±5℃下测得）			
最大工作压力	油口	P1/MPa	31.5
		P2；A；B；X/MPa	35.0
		T/MPa	25.0
		Y 或 L/MPa	单独且回油箱压力为零
P1 口最大设定压力		压力等级/MPa	5.0
		压力等级/MPa	10.0
		压力等级/MPa	20.0
		压力等级/MPa	31.5
设定值零输入时油口 P1 最小压力调节值/MPa			参考特性曲线
最大允许流量/L·min^{-1}			80
先导油流量/L·min^{-1}			0.6～0.9
油液			矿物油（HL，HLP）按 DIN 51 524，磷酸酯（HFD-R）

（续）

油液温度范围/℃		-20～80	
粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$		15～380	
污染度等级		油液最高污染等级 按 ISO 4406(C)20/18/15 级①	
滞环(%)		p_{max}的±2	
重复精度(%)		小于p_{max}的±2	
线性度(%)		p_{max}的±3.5	
典型制造公差	ZDRE(%)	±2	以最大调节压力为准，并参照压力升高时的滞环特性曲线
	ZDREE(%)	±1.5	
阶跃响应 T_a+T_g	10%→90%/ms	～150	在 P1 口通过 5L 油液时测得
	90%→10%/ms	～120	
电气			
阀的保护类型 DIN 40 050		IP65(必须采用正确的和安装紧固的插头)	
电源		24 V DC	
信号形式		模拟	
最小控制电流/mA		100	
最大控制电流	ZDRE/mA	1600	
	ZDREE/mA	1440～1760	
线圈电阻	20℃时测得/Ω	5.4	
	最大值/Ω	7.8	
通电率(%)		100	
电气连接	ZDRE	带插座，按 DIN EN 175 301-803	
		插头，按 DIN EN 175 301-803①	
	ZDREE	带插座，按 E DIN 43 563-AM6-3	
		插头，按 E DIN 43 563-BF6-3/Pg11②	
电控器 —型号 ZDREE		集成在阀中	
—型号 ZDRE ● 欧洲卡规格放大器 (另行订货)	模拟	VT-VSPA1(K)-1	
	数字	VT-VSPD-1	
● 模块化设计放大器(另行订货)	模拟	VT 11131	

① 在液压系统中必须达到元件要求的清洁度等级，有效的过滤防止出现问题，也延长了元件的使用寿命。
② 另行订货。

4）特性曲线(见图 22.12-58，在 HLP46、$t_{oil}=40℃ \pm 5℃$时测得)

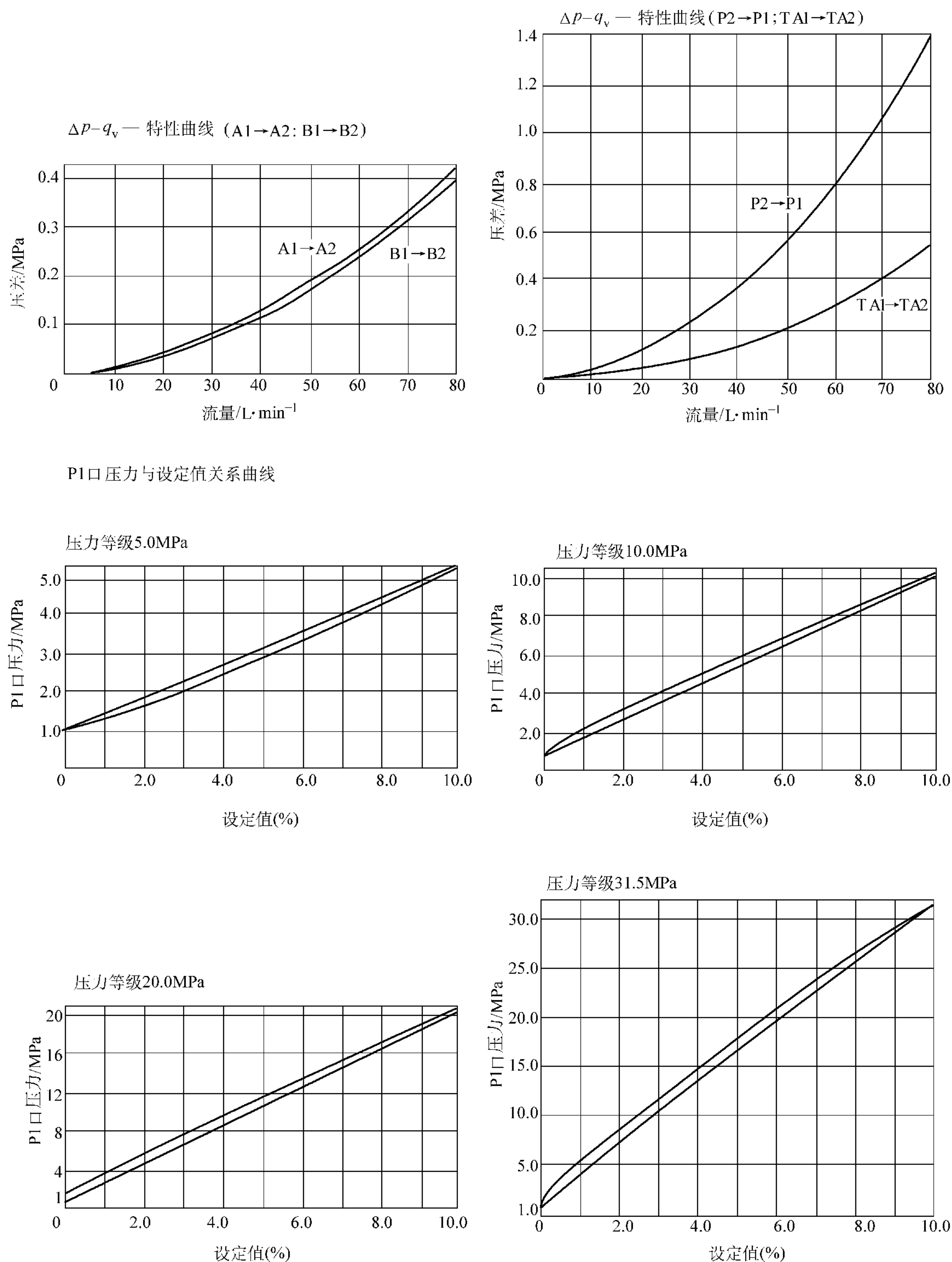


图 22. 12-58　ZDRE 与 ZDREE 先导控制三通比例方向阀特性曲线

压力－流量特性曲线

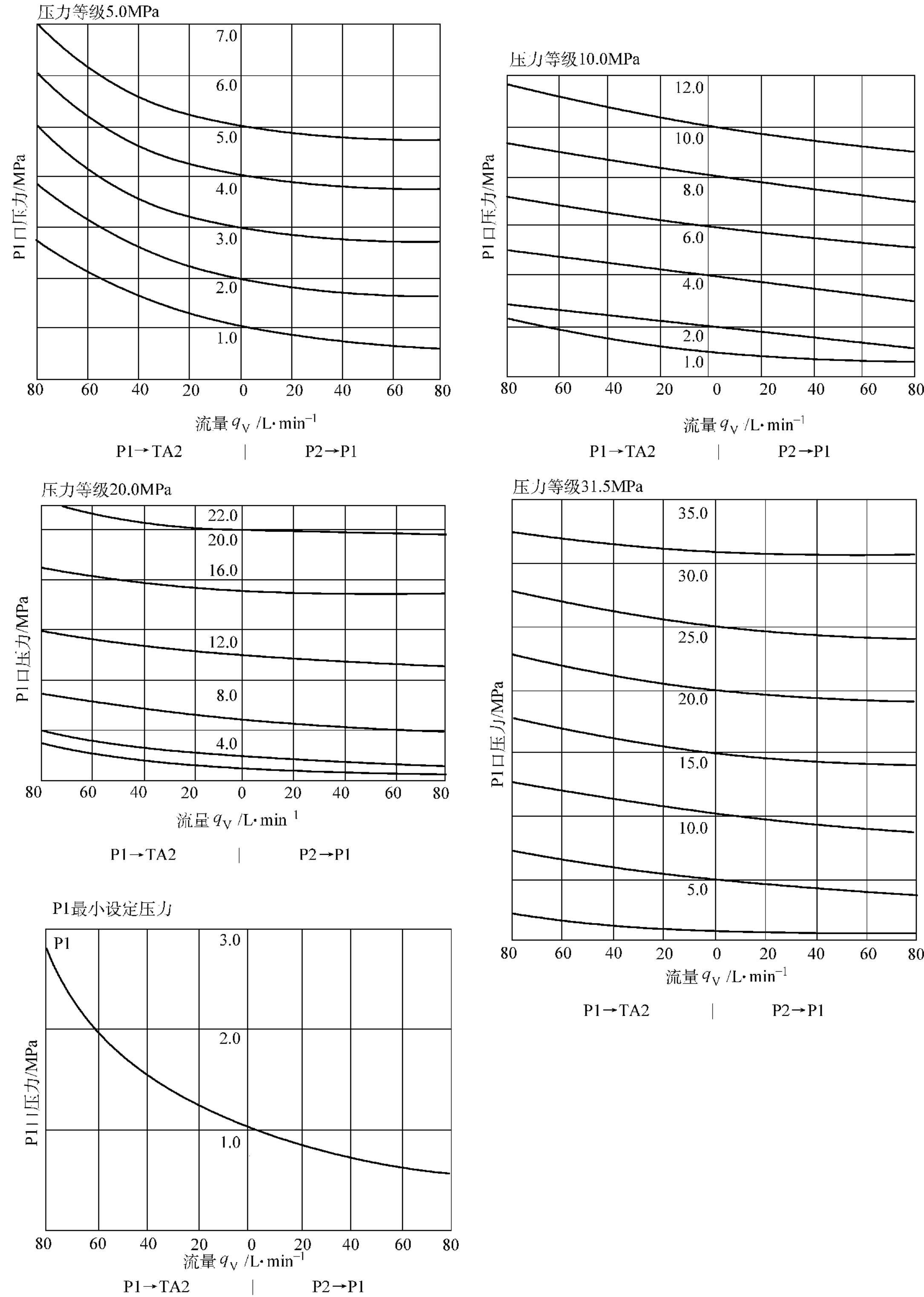
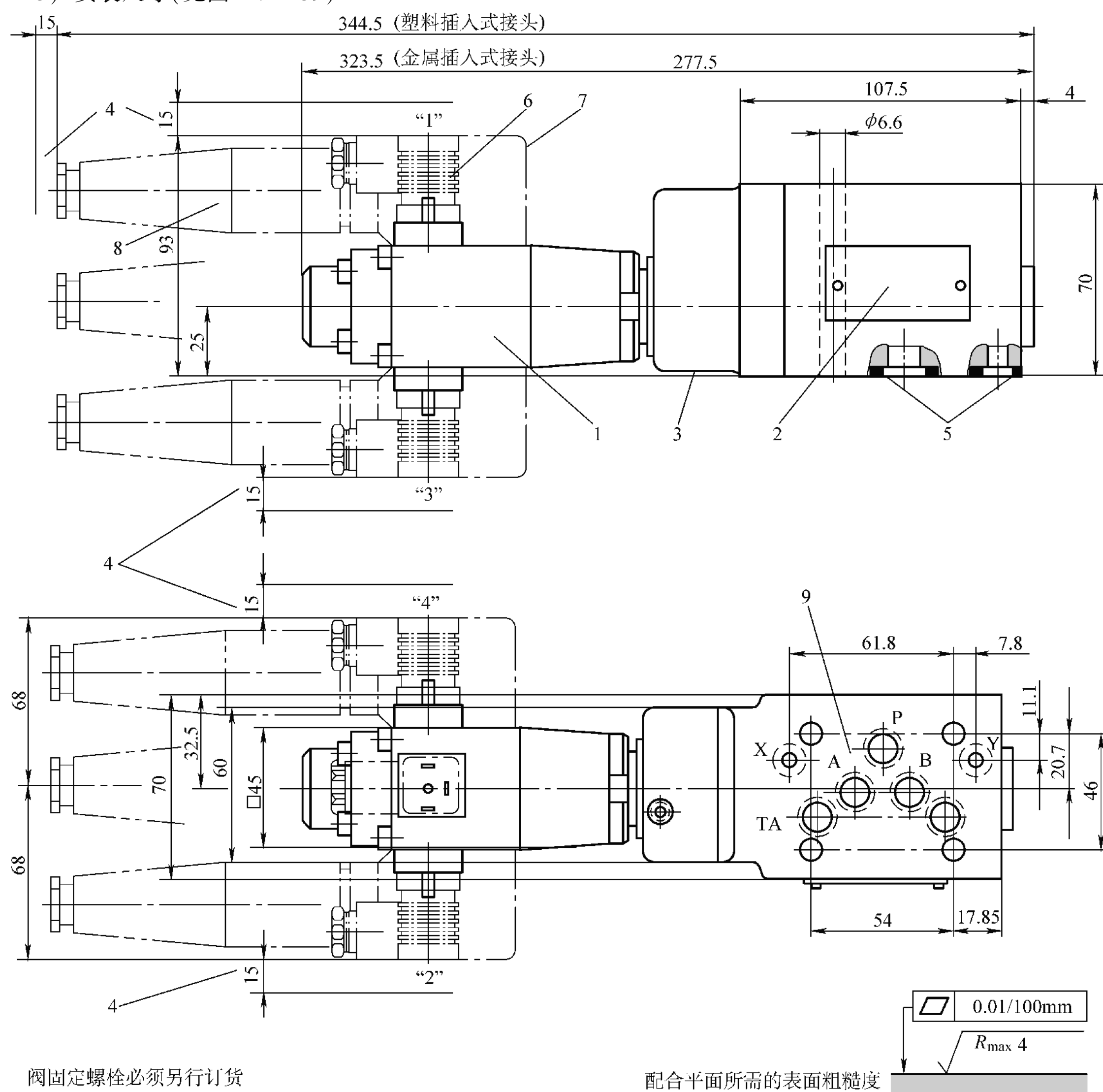


图 22. 12-58 ZDRE 与 ZDREE 先导控制三通比例方向阀特性曲线(续)

5）安装尺寸(见图 22. 12-59)



阀固定螺栓必须另行订货
阀固定螺栓：
4个M6 DIN 912-10.9; M_A=15.5N·m

1—比例电磁铁
　必须考虑插入式插头位置
2—铭牌
3—阀体
4—移除插入式插头所需空间
5—油口A2、B2、P2、TA2、TB2带相同密封圈
　油口X2、Y2带相同密封圈
6—插头，用于ZDRE型
　(另行订货)
7—集成放大器(型号ZDREE)
　带部件插头
8—插头，用于ZDREE型
　(塑性或金属材料)
　(另行订货)
9—油口形式按DIN 24340 A型，ISO4401与
　CETOP-RP121H
　(需要X、Y)

图 22. 12-59　ZDRE 与 ZDREE 先导控制三通比例方向阀安装尺寸

11. 4　Atos(阿托斯)主要比例阀产品

11. 4. 1　RZGO 型比例减压阀

(1) 型号说明

(2) 性能参数(见表 22. 12-37)

(3) 主要特性(见表 22. 12-38)

(4) 电气特性(见表 22. 12-39)

RZGO - TERS - PS - 010 / 32 / * ** / *

6通径比例减压阀

A＝不带压力传感器
AE＝同A,但带有模拟式集成放大器
AES＝同A,但带有数字式集成放大器
TERS＝带有压力传感器和数字式集成放大器
AERS＝同TERS,但需配远程压力传感器（传感器要单独订货）

通信接口（仅对AES,TERS和AERS）；
PS＝RS232串行接口
BC＝CANbus
BP＝PROFIBUS-DP

规格
0＝尺寸06通径　10＝P口，A口和T口

压力范围
32＝3.2MPa　100＝10MPa　210＝21MPa

选项：
仅适用于-A型：
6＝用6VDC线圈代替12VDC标准线圈
18＝用18VDC线圈代替12VDC标准线圈
仅适用于-AE型：
I＝电流输入信号（4～20mA）
Q＝带使能信号
仅适用于-AES，-TERS和-AERS型
I＝电流输入信号4～20mA（仅对TERS）
Z＝双电源供电，具有使能和故障显示功能（配12芯插头）
C＝远程压力传感器带4～20mA电流反馈信号（仅适用于AERS型）
H＝带压力传感器保护（仅对-TERS型）

设计号

合成油液
WG＝水-乙二醇
PE＝磷酸酯

表22.12-37　RZGO型比例减压阀性能参数

液压符号 阀型号	RZGO-A	RZGO-AE	RZGO-AES	RZGO-TERS	RZGO-AERS	
最大调节压力（q＝1L/min时）/MPa	3.2	10	21	3.2	10	21
最小调节压力/MPa	0.08（或T口的实际值）					
P口最大压力/MPa	31.5					
T口最大压力/MPa	21					
最大流量/L·min^{-1}	1.2					
信号从0%~100%变化时的响应时间/ms（取决于安装重量）	≤45			≤40		
滞环（最大被调压力的%）	≤1.5			≤0.3		
线性度（最大被调压力的%）	≤3			≤1.0		
重复精度（最大被调压力的%）	≤2			≤0.2		
温漂（-TERS型）	零点漂移ΔT＝40℃时＜1%					

表22.12-38　RZGO型比例减压阀主要特性

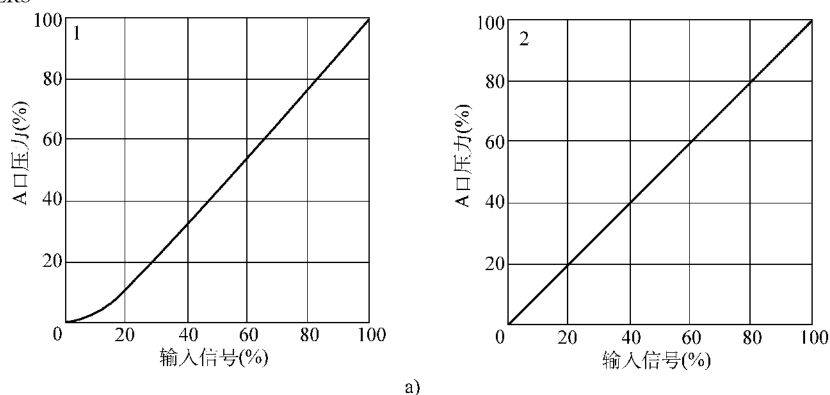
安装位置	任何位置
安装面表面粗糙度	表面粗糙度R_a指标0.4μm，平面度0.01/100（ISO 1101）
环境温度	-A型－20～70℃；-AE和-AES型－20～60℃；-TERS和-AERS型－20～50℃
适用油液	符合DIN51524～535的液压油
推荐粘度值	40℃时15～100mm^2/s（ISO VG15-100）
油液过滤精度	ISO 18/15标准，建议用10μm及β_{10}≥75的进油过滤器
油液温度	标准密封和/WG密封为－20～60℃；/PE密封为－20～80℃

表 22.12-39　RZGO 型比例减压阀电气特性

20℃时线圈电阻	12VDC 标准线圈为 3～3.3Ω；6VDC 线圈为 2～2.2Ω；18VDC 线圈为 13～13.4Ω
电磁线圈最大电流	12VDC 标准线圈为 2.4A（压力范围/32 为 1.8A）；6VDC 线圈为 3.25A（压力范围/32 为 2.25A）；18VDC 线圈为 1.5A（压力范围/32 为 0.8A）
最大功耗	40W
保护等级（CEI EN-60529）	-A 型为 IP65；-AE，-TERS 和-AERS 型为 IP65～67，取决于插头型号
负载因子	连续工作（ED＝100%）

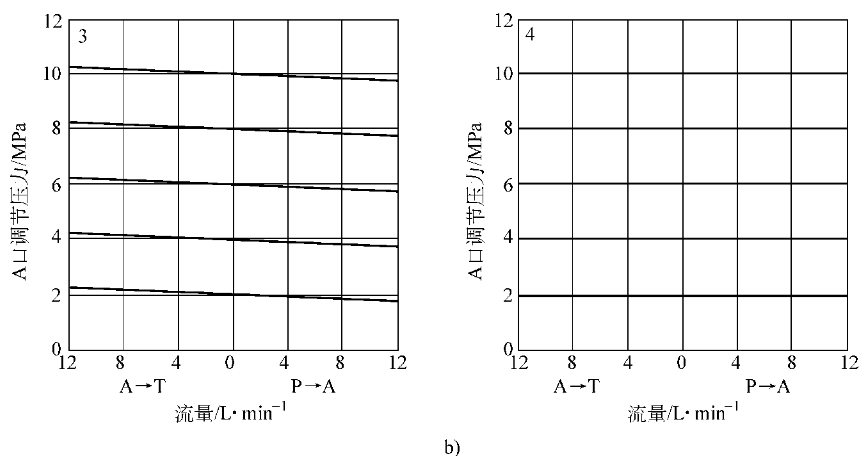
（5）工作曲线（见图 22.12-60）

①压力调整曲线
在流量 q＝1L/min时测得
1=RZGO-A，RZGO-AE，RZGO-AES
2=RZGO-TERS，RZGO-AERS



a)

注：
1) 对于带数字式放大器的阀，压力调整曲线可通过软件进行参数设置来调整。
2) 对于 -A，-AE和 -AES型阀，T口的背压会影响实际调整压力。
②压力-流量曲线
在流量 q=1 L/min情况下，使输入信号进行变化测得
3=RZGO-A，RZGO-AE，RZGO-AES
4=RZGO-TERS，RZGO-AERS



b)

图 22.12-60　工作曲线
a）RZGO 型比例减压阀压力调整曲线　b）RZGO 型比例减压阀压力-流量曲线

③压差-流量曲线
“0” 输入信号时
5=压差与P-A流量
6=压差与A-T流量

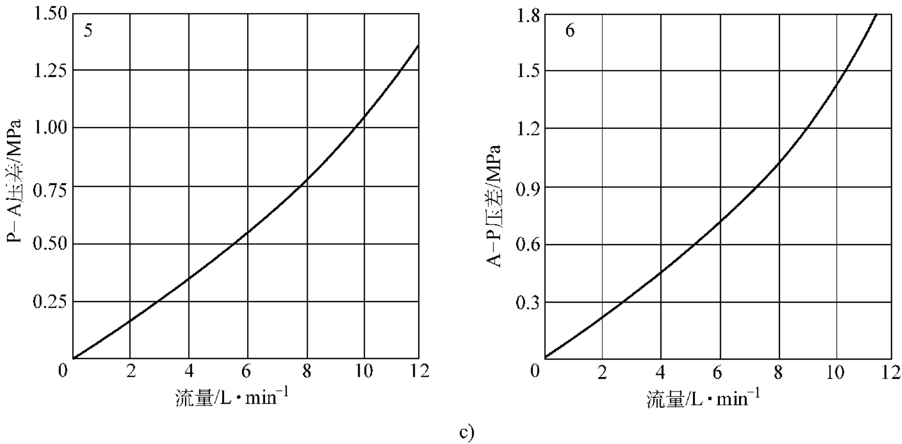


图 22.12-60　工作曲线(续)
c）RZGO 型比例减压阀压差-流量曲线

（6）安装尺寸(见图 22.12-61)

安装界面
ISO 4401-AB-03-4标准，6通径
紧固螺栓：4个M5×50
内六角螺栓
密 封 圈：4个OR108
油口P，A和T：ϕ5mm
油口B：不用

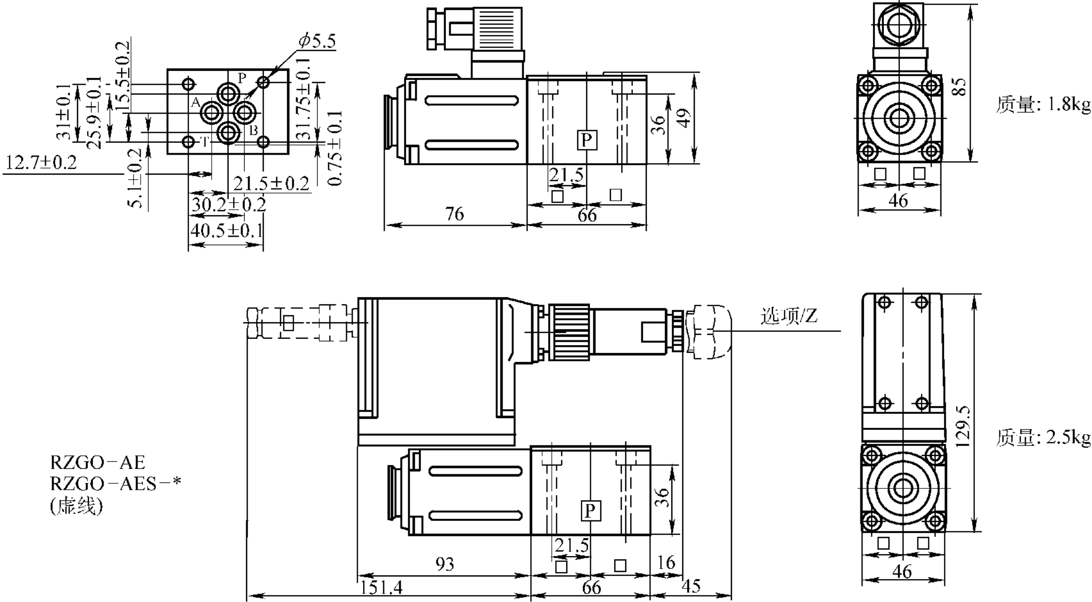


图 22.12-61　RZGO 型比例减压阀安装尺寸

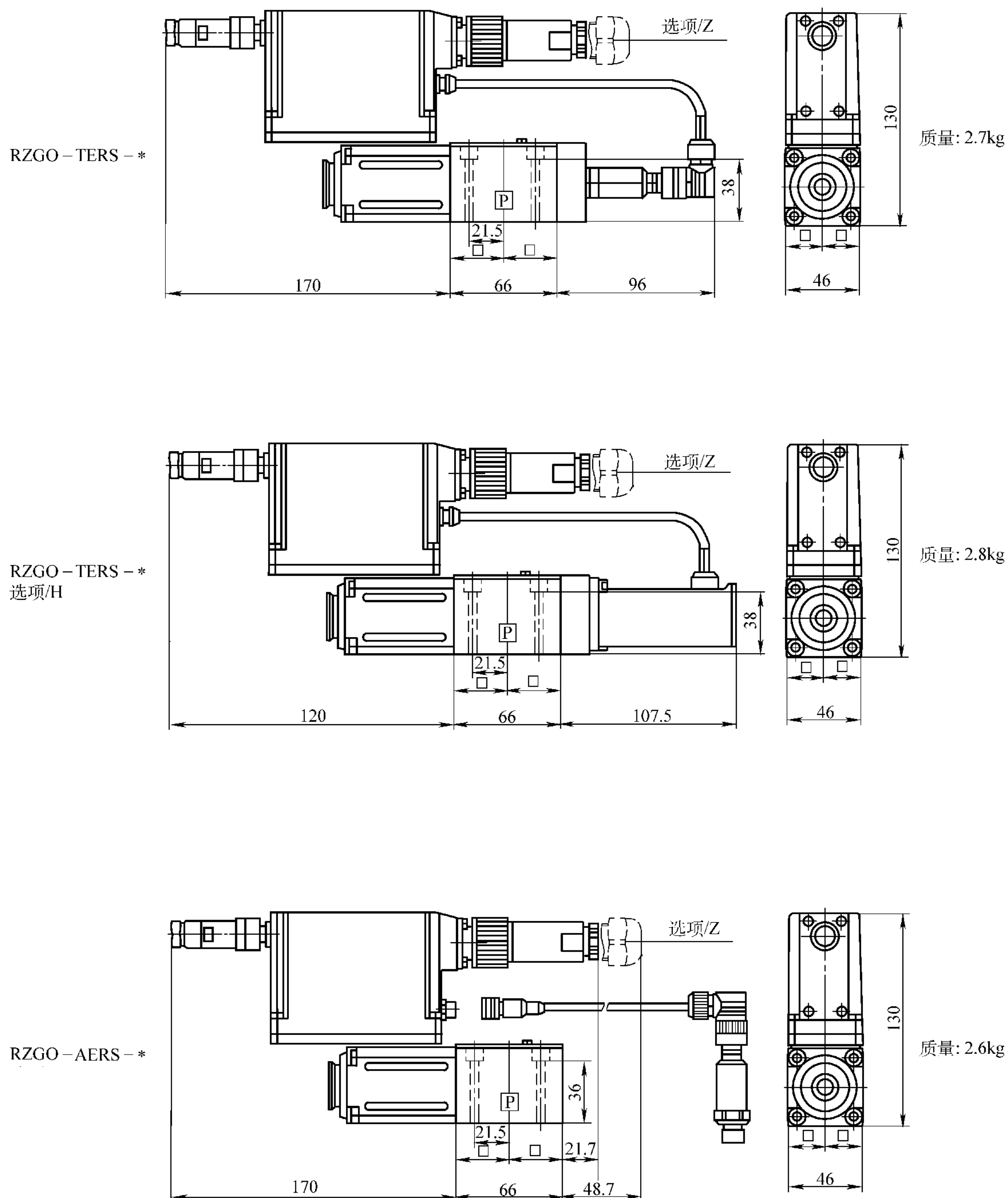


图 22.12-61　RZGO 型比例减压阀安装尺寸(续)

11.4.2　RZGO、HZGO和KZGO型先导式比例减压阀

（1）型号说明

RZGO - TERS - PS - 033 / 315 / * ** / *

比例减压阀
RZGO＝板式安装，　6通径
HZGO＝叠加式安装，6通径
KZGO＝叠加式安装，10通径

A＝不带压力传感器
仅对RZGO：
AE＝同A，但带有模拟式集成放大器
AES＝同A，但带有数字式集成放大器
TERS＝带有压力传感器和数字式集成放大器
AERS＝同TERS，但需配远程压力传感器（传感器要单独订货）

通信接口（仅对AES，TERS和AERS）：
PS＝RS232串行接口
BC＝CANbus
BP＝PROFIBUS-DP

调节油口
031＝作用在P1口，P口为压力油口，T口卸载（仅对HZGO和KZGO）
033＝作用在A口，P口为压力油口，T口卸载（仅对RZGO）

压力范围
50＝5MPa（不适合于-TERS和-AERS）
100＝10MPa
210＝21MPa
315＝31.5MPa

选项：
仅适用于-A型：
6＝用6VDC线圈代替12VDC标准线圈
18＝用18VDC线圈代替12VDC标准线圈
仅适用于-AE型：
I＝电流输入信号（4-20mA）
Q＝带使能信号
仅适用于-AES，-TERS和-AERS型
I＝电流输入信号4~20mA（仅对TERS和AERS）
Z＝双电源供电，具有使能和故障显示功能（配12芯插头）
C＝远程压力传感器带4~20mA电流反馈信号（仅适用于AERS型）
H＝带压力传感器保护（仅对-TERS型）

设计号

合成油液
WG＝水-乙二醇
PE＝磷酸酯

（2）性能参数（见表22.12-40）

（3）主要特性（见表22.12-41）

（4）电气特性（见表22.12-42）

（5）特性曲线（见图22.12-62）

表22.12-40　RZGO、HZGO和KZGO型先导式比例减压阀性能参数

液压型号

A　P　T　RZGO－A－033
A　P　T　RZGO－AE－033
A　P　T　RZGO－TERS－033
A1　P1　T1　B1　A　P　T　B　HZGO－A－031
A1　T1　P1　T1　B1　MH　A　T　P　T　B　KZGO－A－031

阀　型　号	RZGO-A，-AE，-AES，HZGO-A				RZGO-TERS，RZGO-AERS			KZGO-A		
最大调整压力（$q=10$L/min时）/MPa	5	10	21	31.5	10	21	31.5	10	21	31.5
最小调整压力（$q=10$L/min时）/MPa	1或T口实际压力									
P、T口最大压力/MPa	31.5，21									
最小调节流量/L·min^{-1}	2.5				2.5			3		
最大调节流量/L·min^{-1}	40				40			100		
信号从0%~100%变化时的响应时间/ms 取决于安装重量	≤50				≤35			≤80		
滞环（最大被调压力的%）	≤2				≤0.5			≤2		
线性度（最大被调压力的%）	≤3				≤1			≤3		
重复精度（最大被调压力的%）	≤2				≤0.5			≤2		
温漂（-TERS型）	零点漂移　$T=40$℃时＜1%									

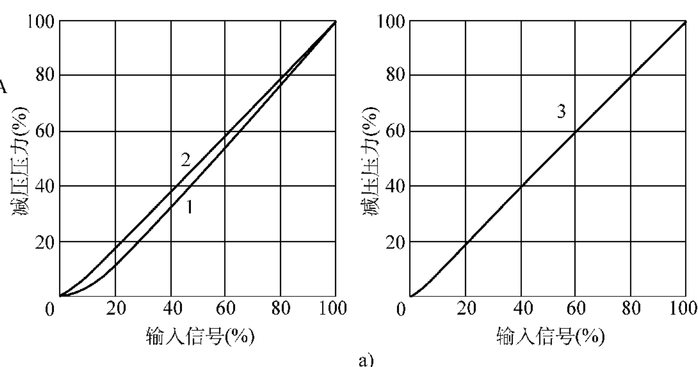
表 22.12-41　RZGO、HZGO 和 KZGO 型先导式比例减压阀主要特性

安装位置	任何位置
安装面表面粗糙度	表面粗糙度 R_a 指标 0.4μm，平面度 0.01/100（ISO 1101）
环境温度	-A 型 −20～70℃；-AE 和-AES 型 −20～60℃；-TERS 和-AERS 型 −20～50℃
适用油液	符合 DIN51524～535 的液压油
推荐粘度值	40℃时 15～100mm²/s（ISO VG15-100）
油液过滤精度	ISO 18/15 标准，建议用 10μm 及 β_{10}≥75 的进油过滤器
油液温度	标准密封和/WG 密封为 −20～60℃；/PE 密封为 −20～80℃

表 22.12-42　RZGO、HZGO 和 KZGO 型先导式比例减压阀电气特性

20℃时线圈电阻	12VDC 标准线圈为 3～3.3Ω；6VDC 线圈为 2～2.2Ω；18VDC 线圈为 13～13.4Ω
电磁线圈最大电流	12VDC 标准线圈为 2.6A；6VDC 线圈为 3.25A；18VDC 线圈为 1.5A
最大功耗	40W
保护等级（CEI EN-60529）	-A 型 为 IP65；-AE，-TERS 和-AERS 型为 IP65-67，取决于插头型号
负载因子	连续工作（ED＝100%）

①压力调整曲线
在流量 q =10L/min时测得
1=RZGO-A，RZGO-AE，RZGO-AES，HZGO-A
2=RZGO-TERS
3=KZGO-A
注：
1) 对于带数字式放大器的阀，压力调整曲线可通过软件进行参数设置来调整。
2) 对于-A，-AE和-AES型阀，T口的背压会对实际调整曲线产生影响。



②压力-流量曲线
在流量 q =10L/min情况下，使输入信号进行变化测得
4=RZGO-A，RZGO-AE，RZGO-AES，KZGO-A
5=RZGO-TERS

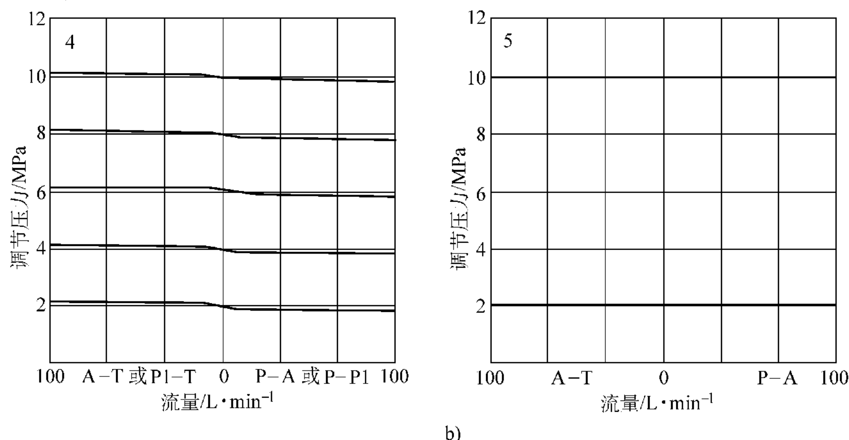


图 22.12-62　特性曲线

a）RZGO、HZGO 和 KZGO 型先导式比例减压阀压力调整曲线

b）RZGO、HZGO 和 KZGO 型先导式比例减压阀压力-流量曲线

③压差-流量曲线

"0"输入信号时

6=RZGO-A; RZGO-AE; RZGO-AES; RZGO-AES; HZGO-A

7=KZGO-A

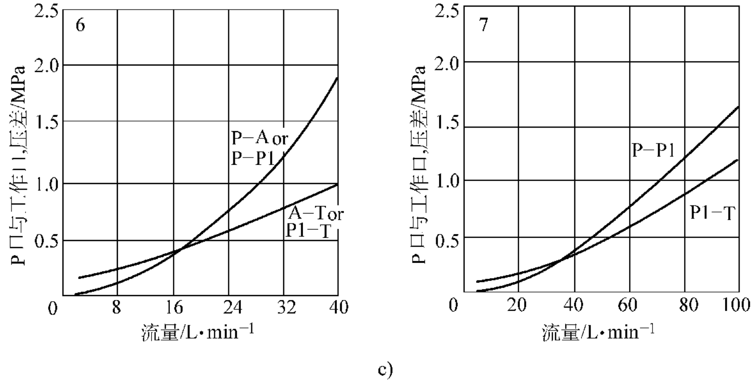
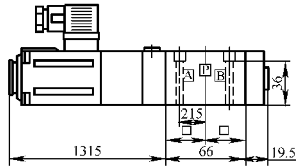


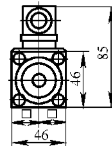
图 22.12-62 特性曲线(续)

c) RZGO、HZGO 和 KZGO 型先导式比例减压阀压差-流量曲线

(6) 安装尺寸(见图 22.12-63)

RZGO-A

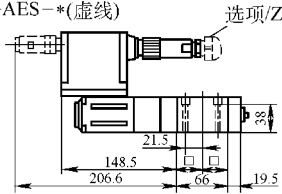


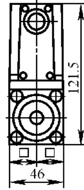


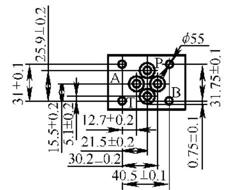
安装界面
ISO4401-AB-4 标准, 6通径
紧固螺栓: 4个M5×50
内六角螺栓

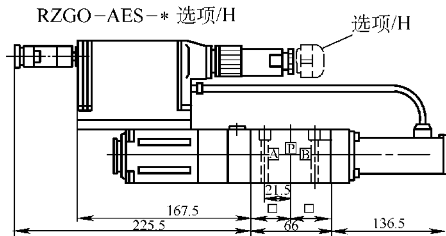
密封圈: 4个OR108
油口P,A和T: ϕ5mm

RZGO-AE
RZGO-AES-*(虚线)









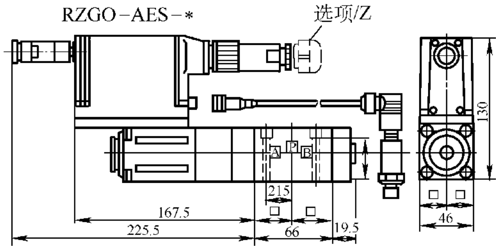


图 22.12-63 RZGO、HZGO 和 KZGO 型先导式比例减压阀安装尺寸

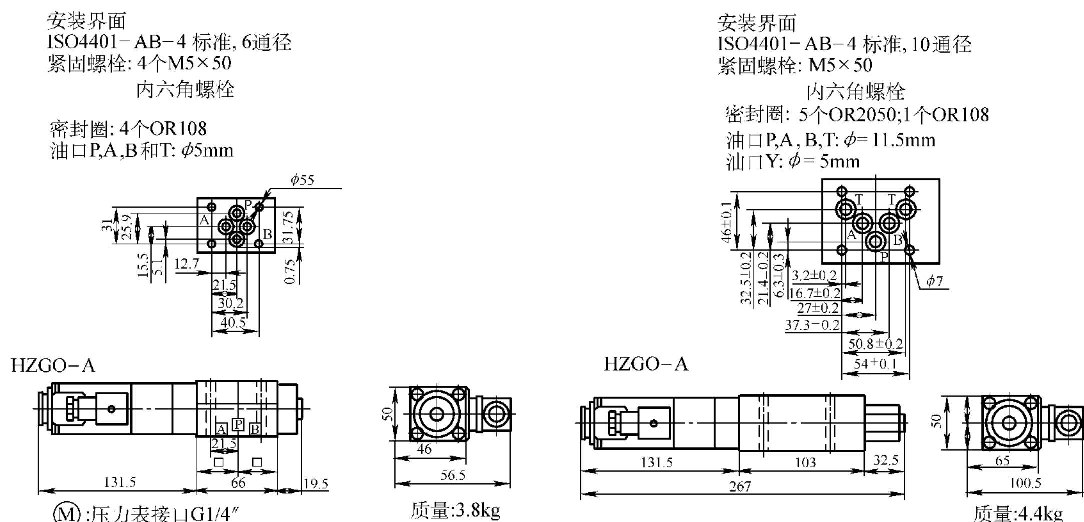


图 22. 12-63　RZGO、HZGO 和 KZGO 型先导式比例减压阀安装尺寸(续)

11. 5　螺纹插装阀

11. 5. 1　TS08-27 比例控制溢流阀

(1) 液压机能符号(见图 22. 12-64)

(2) 型号说明

(3) 阀技术参数

最大工作压力：24. 1MPa。

最大控制电流：12VDC 时，1. 2A；24VDC 时，0. 6A。

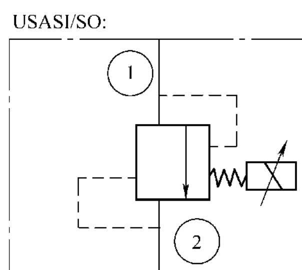


图 22. 12-64　TS08-27 比例控制溢流阀机能符号

TS08－27 ___ ___ - ___ - ___ ___ ___ ___

最大工作压力
- 20.7 MPa　A
- 13.8 MPa　B

阀体
- 无阀体　0
- SAE 6　6T
- SAE 8　8T
- 油口螺纹3/8″　3B
- 油口螺纹1/2″　4B

密封圈
- N　丁腈橡胶(标准)
- V　氟橡胶

电压
- 0　无
- 12　12VDC(最大1.10A)
- 24　24VDC(最大0.55A)

- DS　双片
- DG　DIN 43650
- DL　双线头
- DL/W　Weatherpak®式插头
- DR　德式 DT04-2P

溢流范围(电流从零到最大)：A：20.7～0.41MPa；B：13.8～0.41MPa

额定流量：19L/min。

最大先导流量：0.76L/min。

滞环：小于3%。

流量路径：带电时①到②自由流动；不带电时①到②溢流。

工作介质温度范围：－40～120℃(标准丁腈橡胶密封)。

工作介质：矿物油或合成油。

粘度范围：7.4～420mm²/s。

(4) 性能曲线(见图22.12-65)

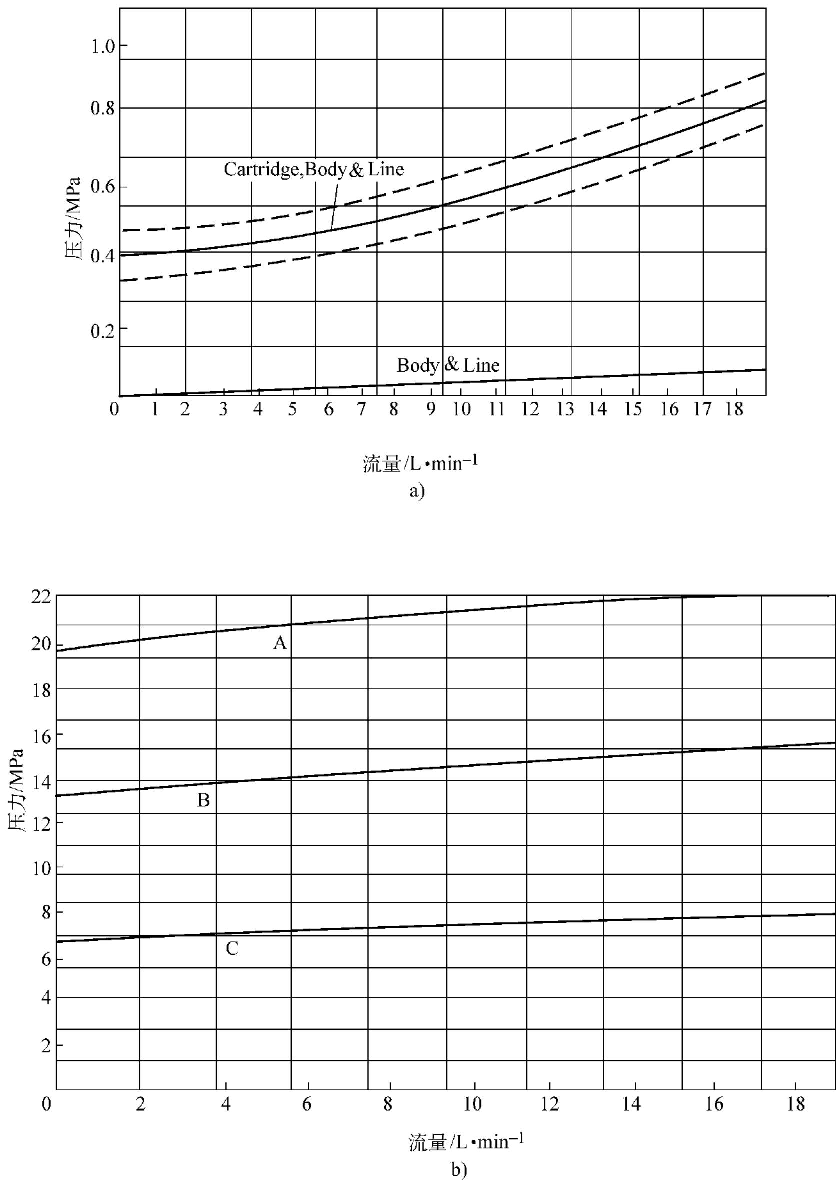
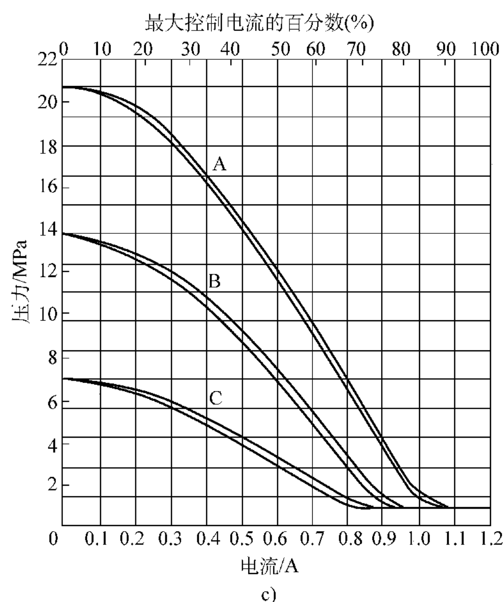


图22.12-65　性能曲线

a) 在最大设定电流下①口到②口的流量-压力损失损特性曲线

b) ①口到②口的流量-溢流压力特性曲线



c)

图 22. 12-65　性能曲线(续)

c）电流-溢流压力特性曲线(流量从油口①到②,流量 5. 68L/min,12VDC,频率 200Hz)

（5）外形尺寸(见图 22. 12-66)

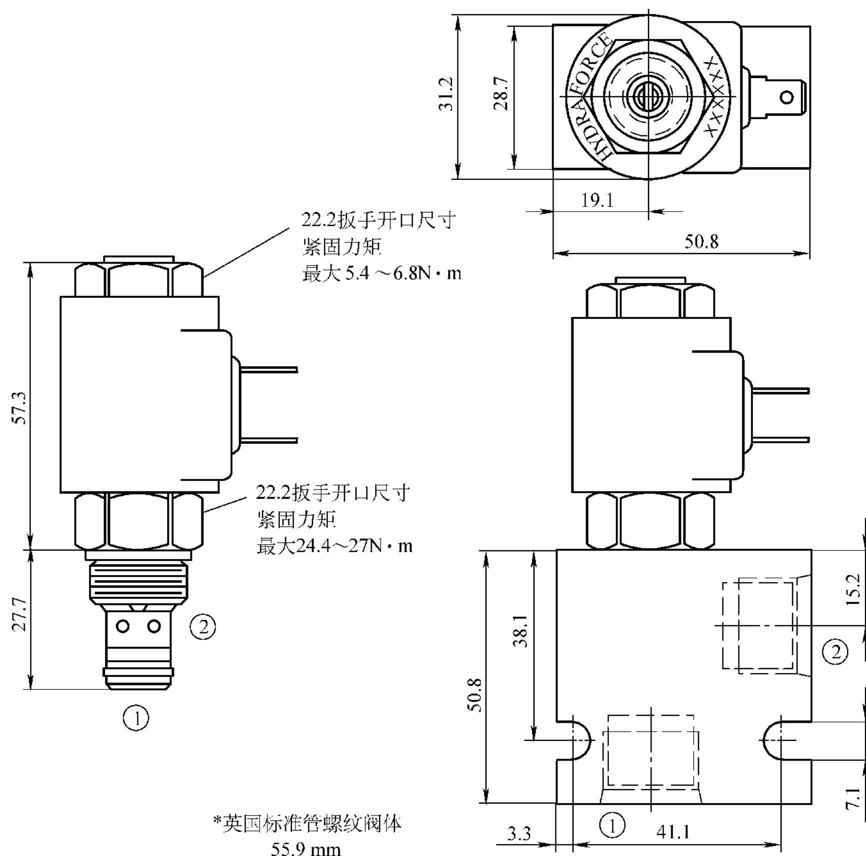


图 22. 12-66　TS08-27 比例控制溢流阀外形尺寸

11.5.2　TS98-30比例控制减压溢流阀

（1）液压机能符号（见图22.12-67）

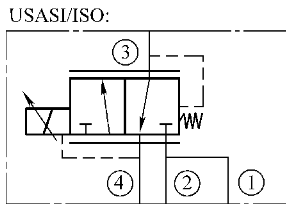


图22.12-67　TS98-30比例控制溢流阀机能符号

（2）型号说明

（3）阀技术参数

②口最大输入压力：2.4MPa。

最大控制电流：12VDC时，0.70A；24VDC时，0.35A。

死区电流：12VDC时，0.15A；24VDC时，0.075A。

滞环：3% PWM。

减压溢流范围（电流从零到最大）：0～2.07MPa。

额定流量：30L/min（③到④线圈不带电）。

最大先导流量：0.4L/min。

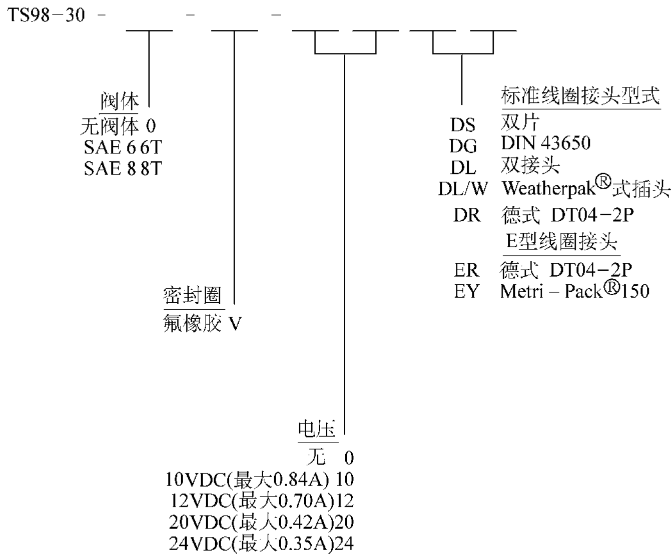
流量路径：不带电时③到④自由流动；带电时②到③减压；带电时③到④溢流；油口①不被完全堵死。

工作介质温度范围：-30～175℃（标准氟橡胶密封）。

工作介质：矿物油或合成油。

粘度范围：7.4～420mm²/s。

（4）特性曲线（见图22.12-68）



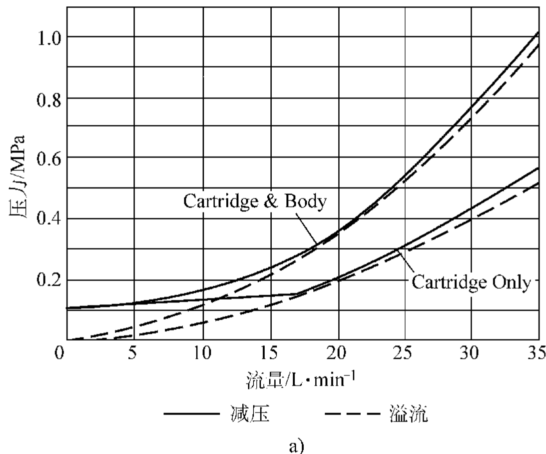


图22.12-68　特性曲线

a）流量-压力损失特性曲线（流量从③到④，线圈不带电）

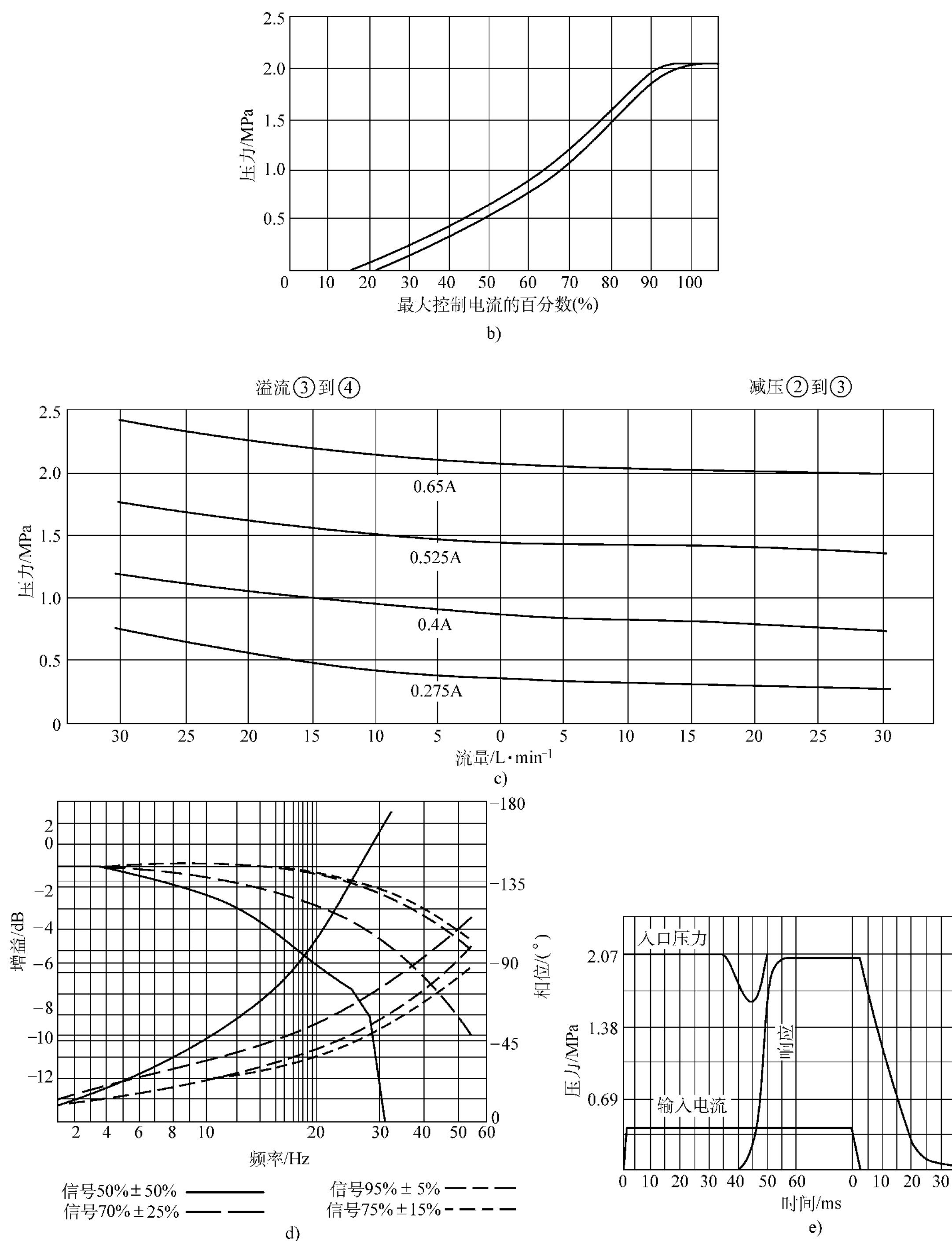


图 22.12-68　特性曲线(续)

b) 电流-减压特性曲线(②口输入压力:0~2MPa,控制电流:300Hz)

c) 流量-减压/溢流压力特性曲线(压力范围:0~2MPa,③口输入压力 2.4MPa)

d) 典型频率响应曲线　e) 典型阶跃响应曲线

（5）外形尺寸(见图22.12-69)

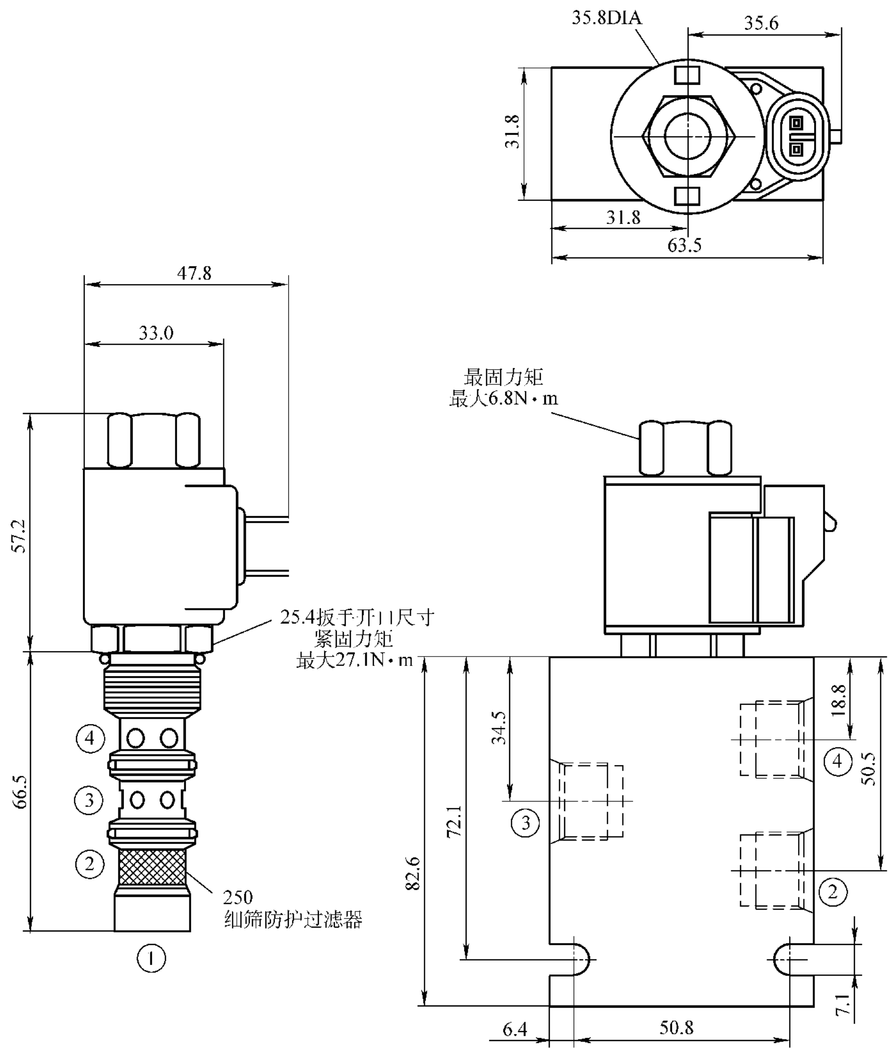


图22.12-69 TS98-30比例控制溢流阀外形尺寸

11.5.3 SP08-47C三位四通，中位O型比例换向阀

（1）液压机能符号(见图22.12-70)

（2）型号说明

（3）技术参数

工作压力：24MPa；流量：最大11.4L/min

滞环：<7%；内泄漏：最大0.164L/min，当压力为20.7MPa时

油液温度范围：-40～120℃；介质：粘度为7.4～420mm²/s的矿物油

（4）特性曲线(见图22.12-71,无阀体)

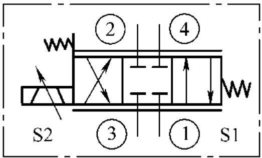


图22.12-70 SP08-47C三位四通，中位O型比例换向阀机能符号

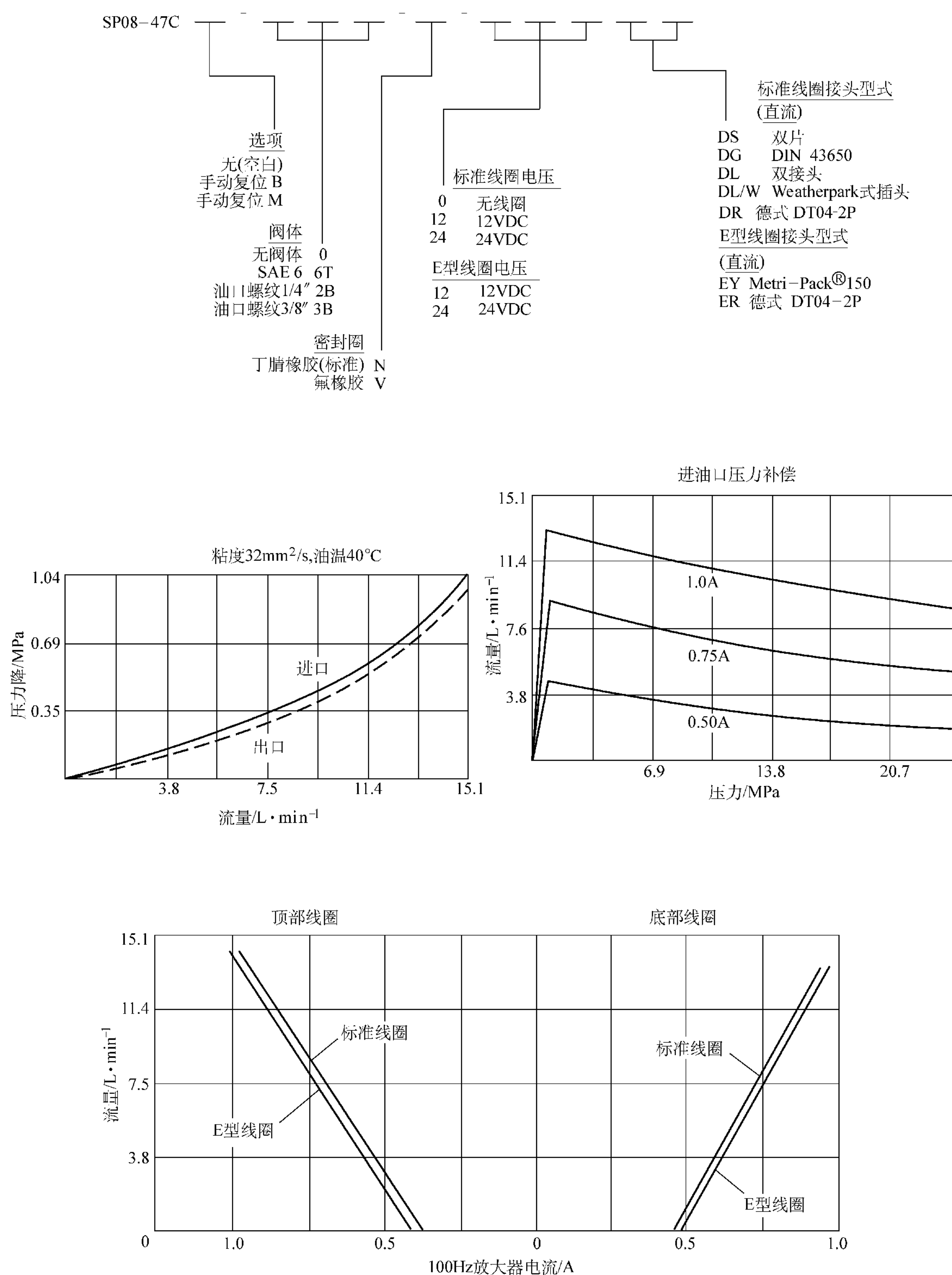


图 22. 12-71　SP08-47C 三位四通，中位 O 型比例换向阀特性曲线

（5）外形尺寸(见图 22. 12-72)



图 22.12-72 SP08-47C 三位四通，中位 O 型比例换向阀外形尺寸

11.5.4 SP08-47D 三位四通，中位 Y 型比例换向阀

（1）液压机能符号(见图 22.12-73)

（2）型号说明

（3）技术参数

工作压力：24MPa；流量：最大 11.4L/min

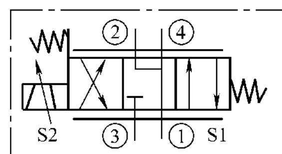
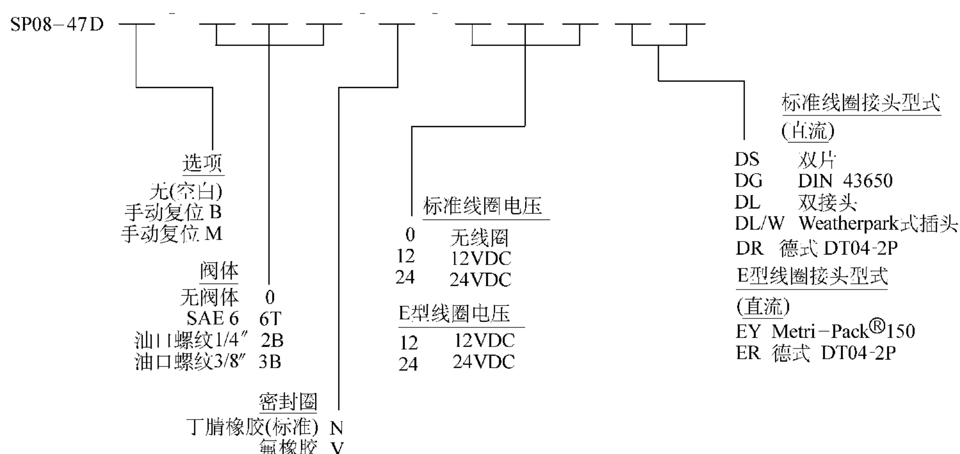


图 22.12-73 SP08-47D 三位四通，中位 Y 型比例换向阀机能符号



滞环：<7%；内泄漏：最大 0.328L/min，当压力为 20.7MPa 时

油液温度范围：-40~120℃；介质：粘度为 7.4~420mm^2/s 的矿物油

（4）特性曲线(见图 22.12-74,无阀体)

粘度32mm^2/s,油温40°C

压力降/MPa：0.35、0.69、1.04；流量/L·min^{-1}：3.8、7.5、11.4、15.1；进口；出口

进油口压力补偿

流量/L·min^{-1}：3.8、7.6、11.4、15.1；压力/MPa：6.9、13.8、20.7；1.0A；0.75A；0.50A

顶部线圈　底部线圈

流量/L·min^{-1}：3.8、7.5、11.4、15.1；100Hz放大器电流/A：1.0、0.5、0、0.5、1.0；标准线圈；E型线圈

图 22.12-74　SP08-47D 三位四通，中位 Y 型比例换向阀特性曲线

（5）外形尺寸（见图22.12-75）

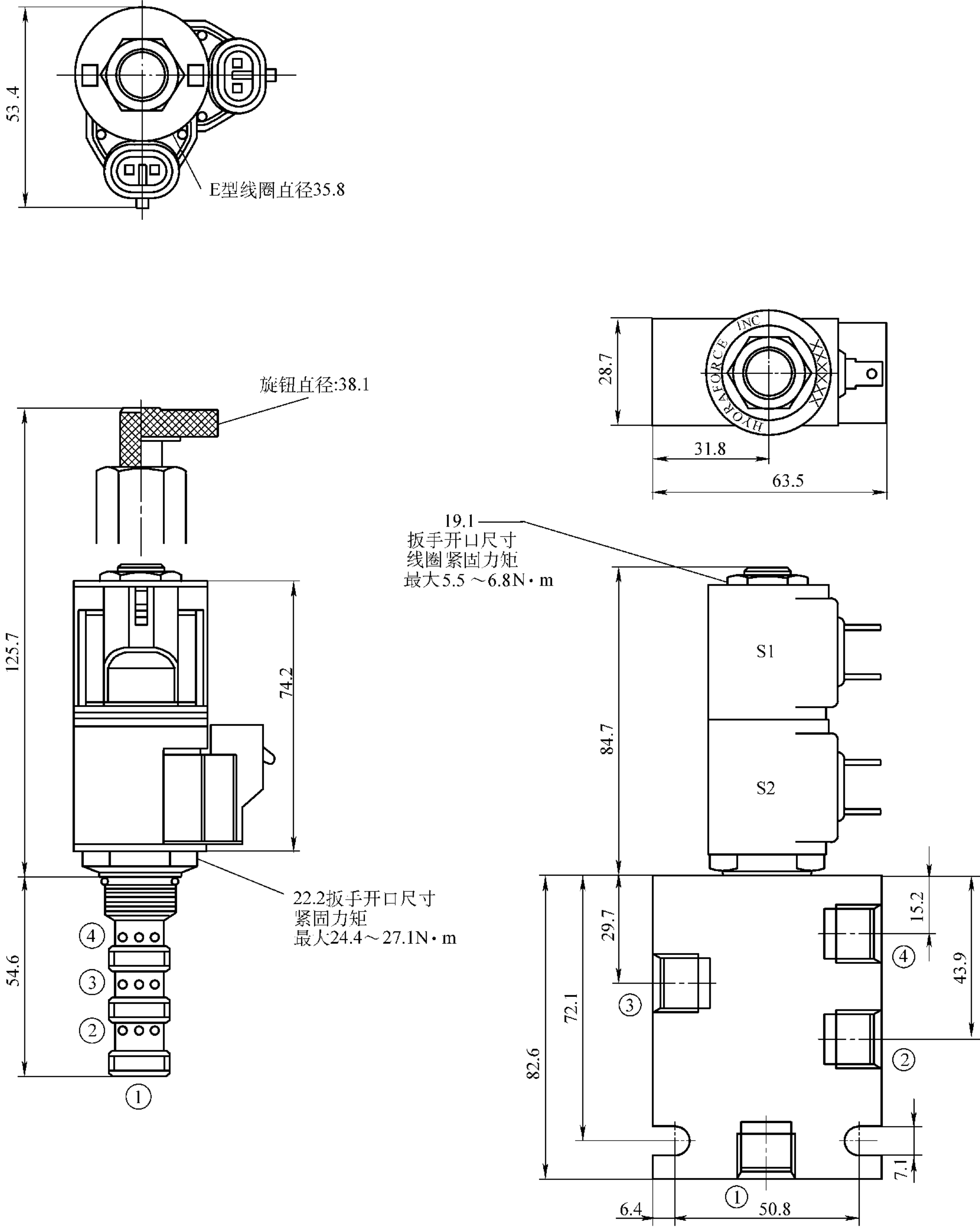


图22.12-75 SP08-47D三位四通，中位Y型比例换向阀外形尺寸

11.5.5 PV72-20比例控制流量阀（常闭型）

（1）液压机能符号（见图22.12-76）

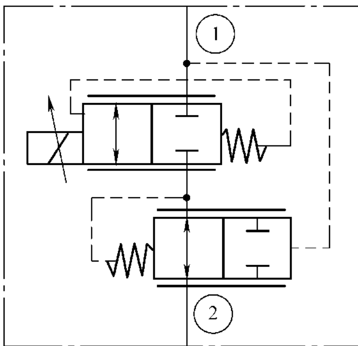
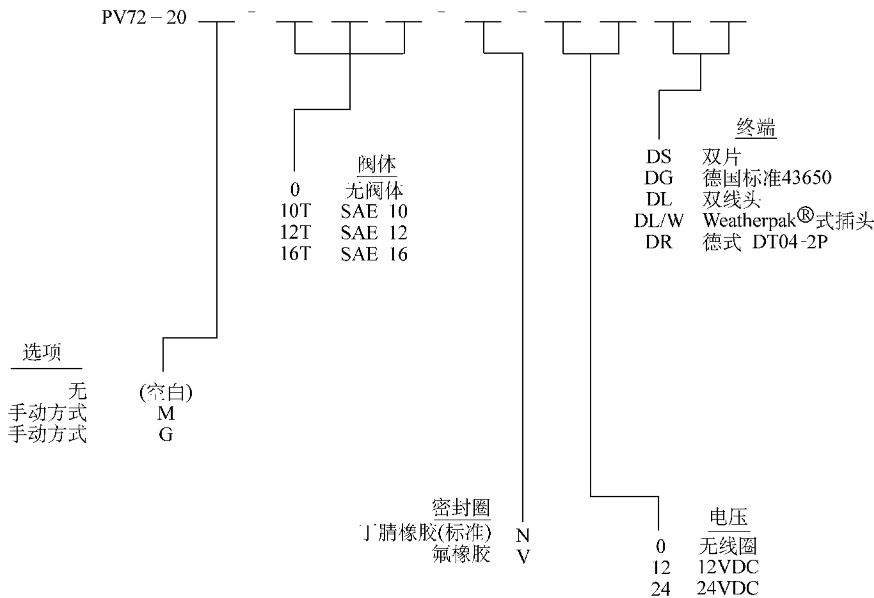


图 22.12-76　PV72-20 比例控制流量阀(常闭型)机能符号

(2) 型号说明



(3) 技术参数

工作压力：①：24MPa　②：20.7MPa。

流量控制：0～56L/min。

内部泄漏：0.38L/min，当工作压力 20.7MPa 阀芯完全闭合时。

工作电流：额定电压。

线圈电压(直流)/V	电阻/Ω	阈值电流/mA	最大控制电流/mA
12	4.7	250±100	1500±100
24	19.0	125±50	750±50

流体介质：粘度为 7.4～420mm^2/s 矿物油。

(4) 特性曲线(见图 22.12-77)

(5) 外形尺寸(见图 22.12-78)

11.5.6　PV72-21 比例控制流量阀(常开型)

(1) 液压机能符号(见图 22.12-79)

(2) 型号说明

(3) 技术参数

工作压力：①：24MPa　②：20.7MPa。

流量控制：56L/min。

内部泄漏：0.38L/min，当工作压力 20.7MPa 阀芯完全闭合时。

工作电流：额定电压。

线圈电压(直流)/V	电阻/Ω	阈值电流/mA	最大控制电流/mA
12	4.7	150±100	1350±150
24	19.0	75±50	675±75

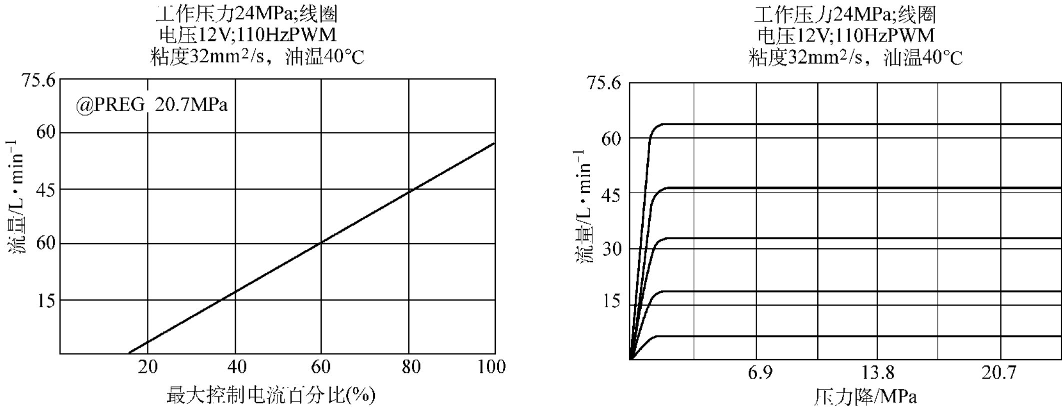


图 22. 12-77　PV72-20 比例控制流量阀(常闭型)特性曲线

30.3
22.9
27.0
扳手开口尺寸
紧固力矩(14～16N m)
85.6
62.0
28.6
扳手开口尺寸
紧固力矩
最大(40.6N·m)
②
①
50.3
HYDRAFORCE
XXXXX
44.1
31.8
74.4
87.1
63.5
26.9
②
8.6
①
5.1
63.5
5.8

图 22. 12-78　PV72-20 比例控制流量阀(常闭型)外形尺寸

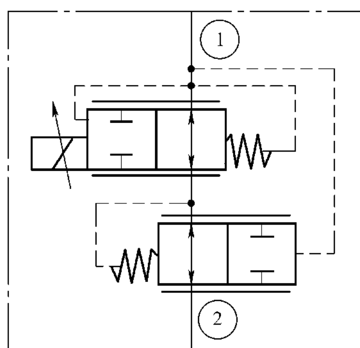
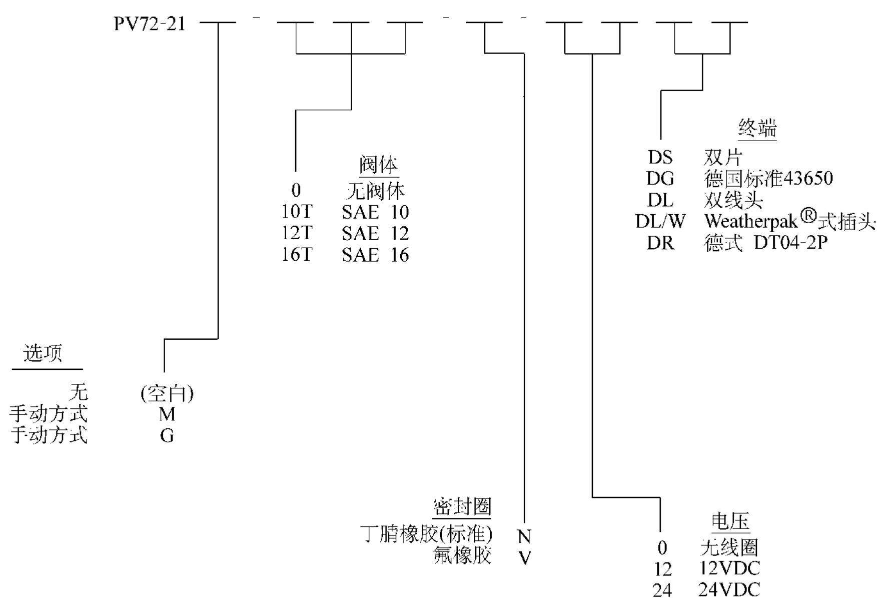


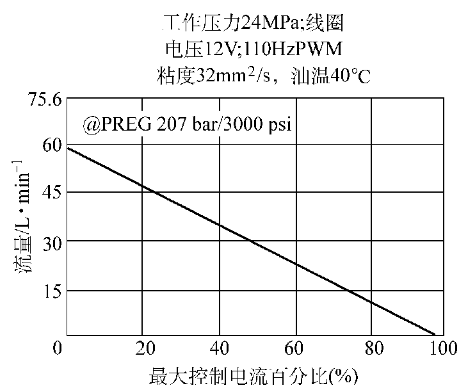
图 22.12-79　PV72-21 比例控制流量阀(常开型)机能符号



流体介质：粘度为 7.4～420mm²/s 矿物油。

(4) 特征曲线(见图 22.12-80)

(5) 外形尺寸(见图 22.12-81)



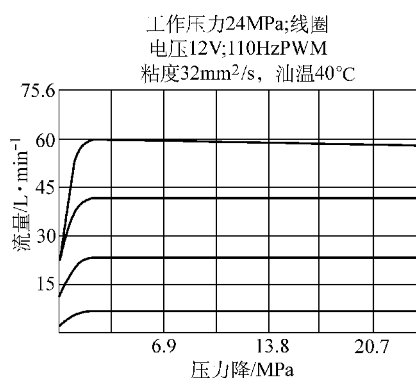


图 22.12-80　PV72-21 比例控制流量阀(常开型)特性曲线

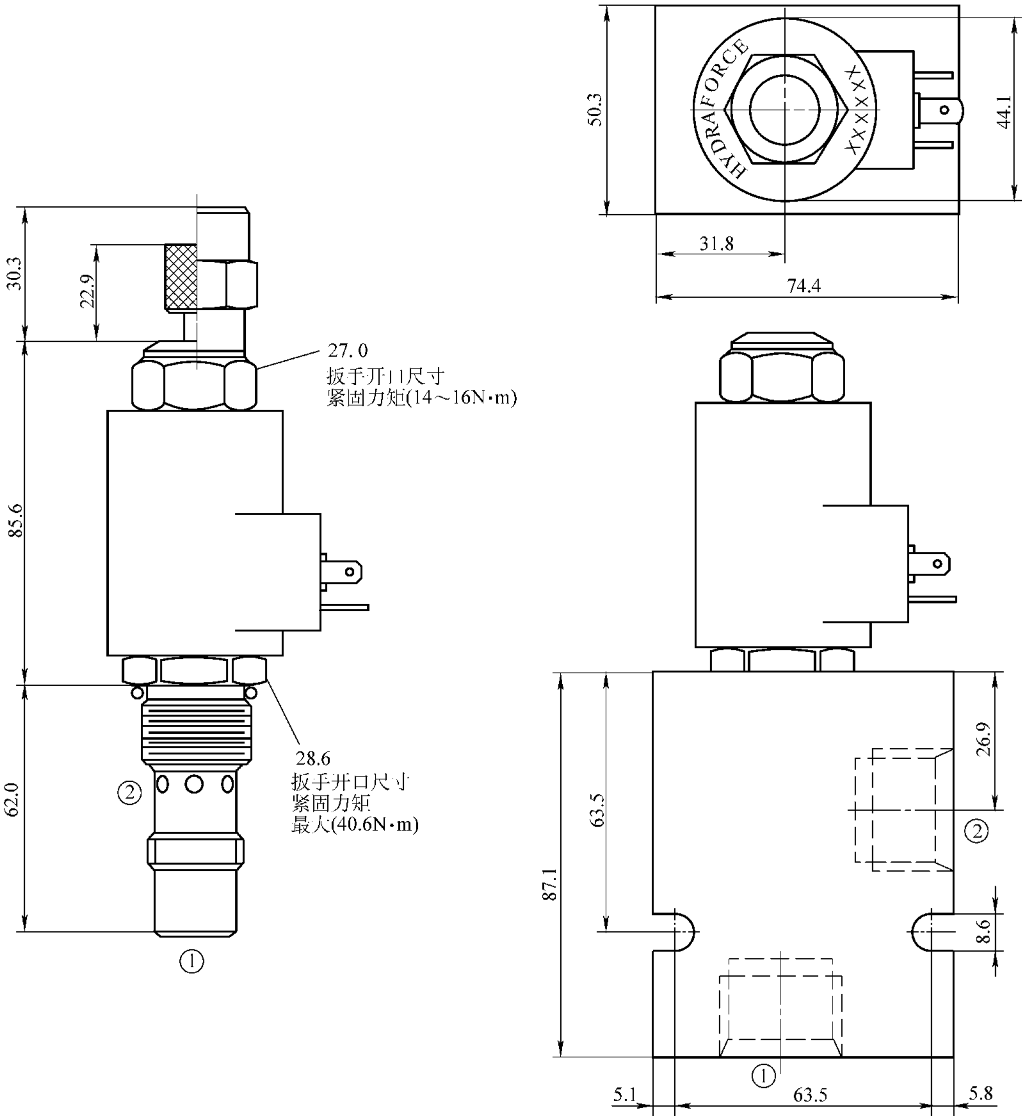


图22.12-81　PV72-21比例控制流量阀(常开型)外形尺寸

第 13 章　液压系统的安装、调试与故障诊断

1　概述

近年来，液压技术在各个领域中得到了广泛应用，液压系统已成为主机设备中最关键的部分之一。但是，由于设计、制造、安装、使用和维护等过程中存在的不足和缺陷，影响了液压系统的正常运行。因此，液压系统的使用和维护人员，了解一些液压系统的工作原理及液压系统的设计、制造、安装、使用方面的知识，才能保证液压系统正常运行并充分发挥其技术的优势。

2　对液压系统制造方面的要求

2.1　液压泵装置的安装要求

1）液压泵与原动机之间的联轴器的型式及安装要求必须符合制造厂的规定。

2）外露的旋转轴、联轴器必须安装防护罩。

3）液压泵与原动机的安装底座必须有足够的刚性，以保证运转时始终同轴。

4）液压泵的进油管路应短而直，避免拐弯过多，断面突变。在规定的油液粘度范围内，必须使泵的进油压力和其他条件符合泵制造厂的规定值。

5）液压泵的进油管路密封必须可靠，不得吸入空气。

6）高压、大流量的液压泵装置推荐采用：

① 泵进油口设置橡胶弹性补偿接管。

② 泵出油口连接高压软管。

③ 泵装置底座设置弹性减振垫。

2.2　液压油箱的安装要求

1）油箱的大小和所选板材需满足液压系统的使用要求。

2）油箱应仔细清洗，用压缩空气干燥后，再用煤油检查焊缝质量。

3）油箱底部应高于安装面 150mm 以上，以便搬移、放油和散热。

4）必须有足够的支承面积，以便在装配和安装时用垫片和楔块等进行调整。

5）油箱的内表面需进行防锈处理。

6）油箱盖与箱体之间的密封应可靠。

2.3　液压阀的安装要求

1）阀的安装方式应符合制造厂规定。

2）板式阀或插装阀必须有正确的定向措施。

3）为了保证安全，阀的安装必须考虑重力、冲击、振动对阀内主要零件的影响。

4）阀用连接螺钉的性能等级必须符合制造厂的要求，不得随意代换。

5）应注意进油口与回油口的方位，某些阀如将进油口与回油口装反，会造成事故。有些阀件为了安装方便，往往开有同作用的两个孔，安装后不用的一个要堵死。

6）为了避免空气渗入阀内，连接处应保证密封良好。用法兰安装的阀件，螺钉不能拧得过紧，因为有时螺钉拧得过紧反而会造成密封不良。

7）方向控制阀的安装，一般应安装在水平位置上。

8）一般需调整的阀件，顺时针方向旋转时，增加流量、压力，逆时针方向旋转时，则减少流量、压力。

2.4　液压辅件的安装要求

1）热交换器

① 安装在油箱上的加热器的位置必须低于油箱下极限液面位置，加热器的表面耗散功率不得超过 $0.7\mathrm{W/cm^2}$。

② 使用热交换器时，应有液压油（液）和冷却（或加热）介质的测温点。

③ 采用空气冷却器时，应防止进排气通路被遮闭或堵塞。

④ 加热器的安装位置、冷却器的回油口必须远离测温点。

2）过滤器。为了指示过滤器何时需要清洗和更换滤芯，必须装有污染指示器或设有测试装置。更换的滤芯必须符合设计图样中的要求。

3）蓄能器

① 蓄能器（包括气体加载式蓄能器）充气的气体种类和安装必须符合制造厂的规定。

② 蓄能器的安装位置必须远离热源。

③ 蓄能器在卸压前不得拆卸，禁止在蓄能器上进行焊接、铆接或机加工。

4）密封件

① 密封件的材料必须与相接触的介质相容。

② 密封件的使用压力、温度以及密封件的安装应符合有关标准规定。

③ 随机附带的密封件，在制造厂规定的贮存条件下，贮存一年内可以使用。

5）系统内开闭器的手轮位置和泵、各种阀以及指示仪表等的安装位置，应注意使用及维修上的方便。

2.5 液压执行元件的安装要求

（1）液压缸

1）液压缸的安装必须符合设计图样和(或)制造厂的规定。

2）安装液压缸时，如果结构允许，进出油口的位置应在最上面，应装有放气方便的放气阀。

3）液压缸的安装应牢固可靠，为了防止热膨胀的影响，在行程大和工作时温差大的场合下，缸的一端必须保持浮动。

4）配管连接不得松弛。

5）液压缸的安装面和活塞杆的滑动面，应保持足够的平行度和垂直度。

6）密封圈不要装得太紧，特别是U形密封圈不可装得过紧。

（2）液压马达

1）液压马达与被驱动装置之间的联轴器型式及安装要求应符合制造厂的规定。

2）外露的旋转轴和联轴器必须有防护罩。

（3）安装底座

液压执行元件的安装底座必须具有足够的刚性，以保证执行机构正常工作。

3 液压系统的安装

液压系统安装质量的好坏，是关系到液压系统能否可靠工作的关键。因此必须正确、合理地完成安装过程中的每个环节。

3.1 安装前的准备工作

1）明确安装现场施工程序及施工进度方案。

2）熟悉安装图样，掌握设备分布及设备基础情况。

3）落实好安装所需人员和机械、物资材料的准备工作。

4）做好液压设备的现场交货验收工作，根据设备清单进行验收。通过验收掌握设备名称、数量、随机备件、外观质量等情况，发现问题及时处理。

5）根据设计图样对设备基础和预埋件进行检查，对液压设备地基尺寸进行复核，对不符合要求的地方进行处理，防止影响施工进度。

3.2 液压设备的就位

1）液压设备应根据平面布置图对号吊装就位，大型成套液压设备，应由里向外依次进行吊装。

2）根据平面布置图测量调整设备安装中心线及标高点，可通过调整安装螺栓旁的垫板达到将设备调平找正，达到图样要求。

3）由于设备基础相关尺寸存在误差，需在设备就位后进行微调。保证泵的吸油管处于水平、正直对接状态。

4）油箱放油口及各装置集油盘放污口位置应在设备微调时给予考虑，应是设备水平状态时的最低点。

5）应对液压设备作适当防护，防止现场脏物污染系统。

6）设备就位调整完成后，一般需对设备底座下面进行混凝土浇灌，即二次灌浆。

3.3 液压配管

（1）管材选择

应根据系统压力及使用场合来选择管材。必须注意管子的强度是否足够，管径和壁厚是否符合图样要求，所选用的无缝钢管内壁必须光洁、无锈蚀、无氧化皮、无夹皮等缺陷。若发现下列情况不能使用：管子内外壁已严重腐蚀；管体划痕深度为壁厚的10%以上；管体表面凹入达管径的20%以上；管断面壁厚不均、椭圆度比较明显等。

中、高压系统配管一般采用无缝钢管，因其具有强度高、价格低、易于实现无泄漏连接等优点。普通液压系统常采用冷拔低碳钢10、15、20号无缝管，此钢号配管时能可靠地与各种标准管件焊接。液压伺服系统及航空液压系统常采用普通不锈钢管，耐腐蚀，内、外表面光洁，尺寸精确，但价格较高。低压系统也可采用纯铜管、铝管、尼龙管等管材，因其易弯曲给配管带来了方便，也被一部分低压系统所采用。

（2）管子加工

管子的加工包括切割、打坡口、弯管等内容。管子的加工好坏对管道系统参数影响较大，并关系到液压系统能否可靠运行。因此，必须采用科学、合理的加工方法，才能保证加工质量。

1）管子的切割 管子的切割原则上采用机械方法切割，如切割机、锯床或专用机床等，严禁用砂轮锯、手工电焊、氧气切割等方法。切割后的管子端面与轴向中心线应尽量保持垂直，误差控制在$90° \pm 0.5°$。切割后需将锐边倒钝，并清除铁屑。

2）管子的弯曲 管子的弯曲加工最好在机械或液压弯管机上进行。用弯管机在冷状态下弯管，可避

免因产生氧化皮而影响管子质量。如无冷弯设备，也可采用热弯曲方法，热弯时容易产生变形、管壁减薄及产生氧化皮等现象。热弯前需将管内注实干燥河砂，用木塞封闭管口，用气焊或高频感应加热法对需弯曲部位加热，加热长度取决于管径和弯曲角度。直径为 28mm 的管子弯成 30°、45°、60°和 90°时，加热长度分别为 60mm、100mm、120mm 和 160mm；弯曲直径为 34mm、42mm 的管子，加热长度需比上述尺寸分别增加 25 ~ 35mm。热弯后的管子需进行清砂并采用化学酸洗方法处理，清除氧化皮。弯曲管子应考虑弯曲半径。当弯曲半径过小时，会导致管路应力集中，降低管路强度。表 22.13-1 给出了钢管的最小弯曲半径。

（3）管路的铺设

表 22.13-1　钢管最小弯曲半径　（mm）

钢管外径 D		14	18	22	28	34	42	50	63	76	89	102
最小弯曲半径 R	冷弯	70	100	135	150	200	250	300	360	450	540	700
	热弯	35	50	65	75	100	130	150	180	230	270	350

管路敷设前，应认真熟悉配管图，明确各管路排列顺序、间距与走向，在现场对照配管图，确定阀门、接头、法兰及管夹的位置并划线、定位，管夹一般固定在预埋件上，管夹之间距离应适当，过小会造成浪费，过大将发生振动。推荐的管夹距离见表 22.13-2。管路、管沟的敷设参考图 22.13-1。

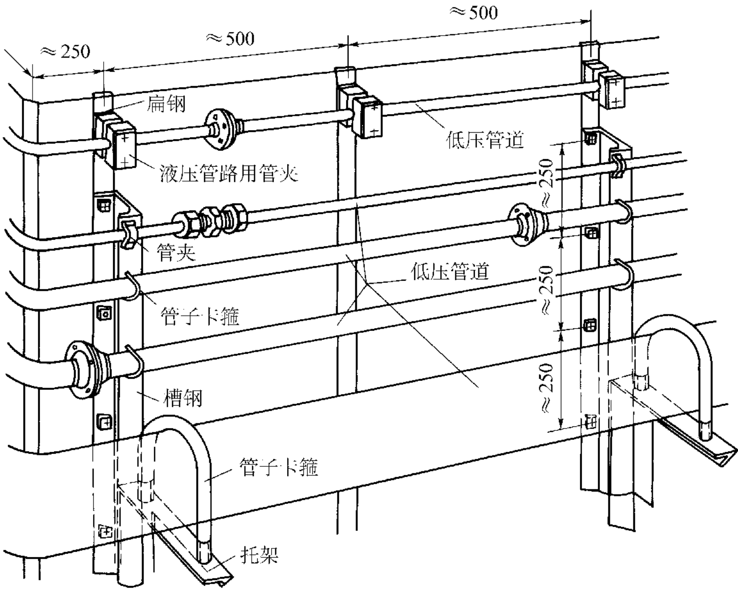


图 22.13-1　管路、管沟敷设参考图

表 22.13-2　推荐管夹间距离　（mm）

管子外径 D	14	18	22	28	34	42	50	63
管夹间最大距离 L	450	500	600	700	800	850	900	1000

管路敷设一般遵循的原则：①大口径的管子或靠近配管支架里侧的管子，应考虑优先敷设；②成水平或垂直两种排列，注意整齐一致，避免管路交叉；③管路敷设位置或管件安装位置应便于管子的连接和检修，管路应靠近设备，便于固定管夹；④敷设一组管线时，在转弯处一般采用 90°及 45°两种方式；⑤两条平行或交叉管的管壁之间，必须保持一定距离。当管径≤42mm 时最小管壁距离应≥35mm；当管径≤75mm 时，最小管壁距离应≥45mm；当管径≤127mm时，最小管壁距离应≥55mm；⑥管子规格

不允许小于图样要求；⑦整个管线要求尽量短，转弯处少，平滑过渡，减少上下弯曲，保证管路的伸缩变形，管路的长度应能保证接头及辅件的自由拆装，又不影响其他管路；⑧管路不允许在有弧度部分内连接或安装法兰。法兰及接头焊接时，须与管子中心线垂直；⑨管路应在最高点设置排气装置；⑩管路敷设后，不应对支承及固定部位施加除重力之外的力。

（4）管路的焊接

管路的焊接一般分三步进行：

1）在焊接前，必须对管子端部开坡口，当焊缝坡口过小时，会引起管壁未焊透，造成管路焊接强度不够；当坡口过大时，又会引起裂缝、夹渣及焊缝不齐等缺陷。坡口角度应根据国标要求中最利于焊接的种类执行。坡口的加工最好采用坡口机，采用机械切削方法加工坡口既经济，效率又高，操作又简单，还能保证加工质量。

2）焊接方法的选择是关系到管路施工质量最关键的一环，必须引起高度重视。目前广泛使用氧-乙炔焰焊接、焊条电弧焊接、氩气保护电弧焊接三种，其中最适合液压管路焊接的方法是氩弧焊接，它具有焊口质量好，焊缝表面光滑、美观，没有焊渣，焊口不氧化，焊接效率高等优点。另两种焊接方法易造成焊渣进入管内，或在焊口内壁产生大量氧化铁皮，难以清除。实践证明：一旦造成上述后果，无论如何处理，也很难达到系统清洁度指标，所以不要轻易采用。如遇工期短、氩弧焊工少时，可考虑采用氧弧焊焊第一层(打底)，第二层开始用电焊的方法，这样既保证了质量，又可提高施工效率。

3）管路焊接后要进行焊缝质量检查。检查项目包括：焊缝周围有无裂纹、夹杂物、气孔及过大咬肉、飞溅等现象；焊道是否整齐、有无错位、内外表面是否突起、外表面在加工过程中有无损伤或削弱管壁强度的部位等。对高压或超高压管路，应对焊缝采用射线检查或超声波检查，提高管路焊接检查的可靠性。

3.4　管道的处理

管路安装完成后要对管道进行酸洗处理。酸洗的目的是通过化学作用将金属管内表面的氧化物及油污去除，使金属表面光滑，保证管道内壁的清洁。酸洗管道是保证液压系统可靠性的一个关键环节，必须加以重视。管路酸洗除锈法有两种：槽式酸洗法和循环酸洗法。使用槽式酸洗法时，管路一般应进行二次安装，即将一次安装好的管路拆下来，置入酸洗槽，酸洗操作完毕并合格后，再将其二次安装。而循环酸洗可在一次安装好的管路中进行，需注意的是循环酸洗仅限于管道，其他液压元件必须从管路上断开或拆除。液压站或阀站内的管道，宜采用槽式酸洗法；液压站或阀站至液压缸、液压马达的管道，可采用循环酸洗法。具体要求应按《机械设备安装工程施工及验收通用规范》(GB 50231—1998)、《重型机械液压系统通用技术条件》(JB/T 6996—2007)等有关规范进行。

3.4.1　管道酸洗

管道酸洗方法目前在施工中均采用槽式酸洗法和管内循环酸洗法两种。

槽式酸洗法：就是将安装好的管路拆下来，分解后放入酸洗槽内浸泡，处理合格后再将其进行二次安装。此方法较适合管径较大的短管、直管、容易拆卸、管路施工量小的场合，如泵站、阀站等液压装置内的配管及现场配管量小的液压系统，均可采用槽式酸洗法。

管内循环酸洗法：在安装好的液压管路中，将液压元器件断开或拆除，用软管、接管、冲洗盖板连接，构成冲洗回路。用酸泵将酸液打入回路中进行循环酸洗。该酸洗方法是近年来较为先进的施工技术，具有酸洗速度快、效果好、工序简单、操作方便的优点，减少了对人体及环境的污染，降低了劳动强度，缩短了管路安装工期，解决了长管路及复杂管路酸洗难的问题，对槽式酸洗易发生装配时的二次污染问题，从根本上得到了解决。已在大型液压系统管路施工中得到广泛采用。其循环酸洗回路见图22.13-2。

3.4.2　管道酸洗工艺

有无科学、合理的工艺流程，酸洗配方和严格的操作规程，是管道酸洗效果好坏的关键，目前国内外酸洗工艺较多，必须慎重选择。管道酸洗配方及工艺不合理会造成管内壁氧化物不能彻底除净、管壁过腐蚀、管道内壁再次锈蚀及管内残留化学反应沉积物等现象的发生。为便于使用，现将实践中筛选出的一组酸洗效果较好的管道酸洗工艺介绍如下：

槽式酸洗工艺流程及配方

（1）脱脂

脱脂液配方(质量分数)为：

$w(NaOH)=9\%\sim10\%$；

$w(Na_3PO_4)=3\%$；

$w(NaHCO_3)=1.3\%$；

$w(Na_2SO_3)=2\%$；

其余为水。

图 22.13-2　循环酸洗示意图

操作工艺要求为：温度 70～80℃，浸泡 4h。

（2）水冲

压力为 0.8MPa 的洁净水冲干净。

（3）酸洗

酸洗液配方(质量分数)为：

w(HCl)＝13%～14%；

w[$(CH_2)_6N_4$]＝1%；

其余为水。

操作工艺要求为：常温浸泡 1.5～2h。

（4）水冲

压力为 0.8MPa 的洁净水冲干净。

（5）二次酸洗

酸洗液配方同上。

操作工艺要求为：常温浸泡 5min。

（6）中和

中和液配方为：NH_4OH 稀释至 pH 值在 10～11 的溶液。

操作工艺要求为：常温浸泡 2min。

（7）钝化

钝化液配方(质量分数)为：

w(NaN_2)＝8%～10%；

w(NH_4OH)＝2%；

其余为水。

操作工艺要求为：常温浸泡 5min。

（8）水冲

用压力为 0.8MPa 的净化水冲净为止。

（9）快速干燥

用蒸汽、过热蒸汽或热风吹干。

（10）封管口

用塑料管堵或多层塑料布捆扎牢固。

如按以上方法处理的管子，管内清洁、管壁光亮，可保持二个月左右不锈蚀；若保存好还可以延长时间。

循环酸洗工艺流程及配方：

（1）试漏

用压力为 1MPa 压缩空气充入试漏。

（2）脱脂

脱脂液配方与槽式酸洗工艺中脱脂液配方相同。

操作工艺要求为：温度 40～50℃连续循环 3h。

（3）气顶

用压力为 0.8MPa 压缩空气将脱脂液顶出。

（4）水冲

用压力为 0.8MPa 的洁净水冲出残液。

（5）酸洗

酸洗液配方(质量分数)为：

w(HCl)＝9%～11%；

w[$(CH_2)_6N_4$]＝1%；

其余为水。

操作工艺要求为：常温断续循环 50min。

（6）中和

中和液配方为：NH_4OH 稀释至 pH 值在 9～10 的溶液。

操作工艺要求为：常温连续循环 25min。

（7）钝化

钝化液配方为：w($NaNO_2$)：10%～14%，其余为水。

操作工艺要求为：常温断续循环 30min。

（8）水冲

用压力为 0.8MPa，温度为 60℃的净化水连续冲洗 10min。

（9）干燥

用过热蒸汽吹干。

（10）涂油

用液压泵注入液压油。

循环酸洗注意事项：

1）使用一台酸泵输送几种介质，因此操作时应特别注意，不能将几种介质混淆(其中包括水)，严重时会造成介质浓度降低，甚至造成介质报废。

2）循环酸洗应严格遵守工艺流程、统一指挥。当前一种介质完全排出或用另一种介质顶出时，应及

时准确停泵，将回路末端软管从前一种介质槽中移出，放入下一工序的介质槽内。然后起动酸泵，开始计时。

3.5　管路的循环冲洗

管路用油进行循环冲洗，是管路施工中又一重要环节。管路循环冲洗必须在管路酸洗和二次安装完毕后的较短时间内进行。其目的是为了清除管内在酸洗及安装过程中以及液压元件在制造过程中遗落的机械杂质或其他微粒，达到液压系统正常运行时所需要的清洁度，保证主机设备的可靠运行，延长系统中液压元件的使用寿命。

（1）循环冲洗的方式

冲洗方式较常见的主要有（泵）站内循环冲洗、（泵）站外循环冲洗和管线外循环冲洗等。

站内循环冲洗：一般指液压泵站在制造厂加工完成后所需进行的循环冲洗。

站外循环冲洗：一般指液压泵站到主机间的管线所需进行的循环冲洗。

管线外循环冲洗：一般指将液压系统的某些管路或集成块，拿到另一处组成回路，进行循环冲洗。冲洗合格后，再装回到系统中。

为便于施工，通常采用站外循环冲洗方式。也可根据实际情况将后两种冲洗方式混合使用，达到提高冲洗效果，缩短冲洗周期的目的。

（2）冲洗回路的选定

站外循环冲洗回路可分为两种类型。一类为串联式冲洗回路，见图 22.13-3。其优点是回路连接简便，方便检查，效果可靠；缺点是回路长度较长，沿程损失较大，冲洗压力需要较高。另一类为并联式冲洗回路，见图 22.13-4。其优点是循环冲洗距离较短，冲洗压力较低；缺点是不易检查确定每一条管路的冲洗效果，冲洗泵源的流量较大。

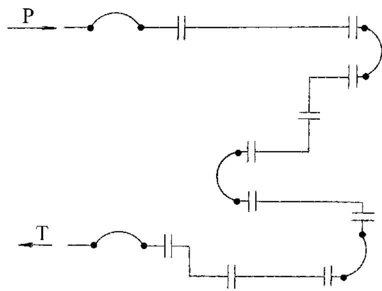


图 22.13-3　串联式冲洗回路示意图

对于清洁度等级要求高的系统，为了保证冲洗效果，最好采用串联式冲洗回路。可在图 22.13-4 回路的基础上，将并联冲洗回路变为串联式冲洗回路，方法见图 22.13-5。

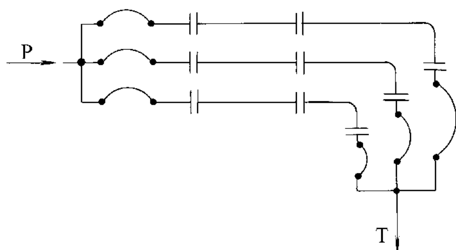


图 22.13-4　并联式冲洗回路示意图

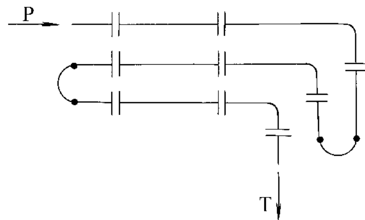


图 22.13-5　并联转串联式冲洗回路示意图

（3）循环冲洗主要工艺流程及参数

1）冲洗流量：冲洗流量视管径大小、回路型式进行计算，保证管路中油流成紊流状态，管内油流的流速应在 3m/s 以上。

2）冲洗压力：冲洗压力是由管道的沿程损失、局部损失等因素所决定的。当管道较细、较长，采用串联式回路冲洗时，冲洗压力较高，有时能够达到 10MPa 以上；采用并联式回路冲洗时，冲洗压力要低得多，通常小于 1.0MPa。

3）冲洗温度：用加热器将油箱内油温加热至 40～60℃，冬季施工油温可提高到 80℃，通过提高冲洗温度能够缩短循环冲洗时间。

4）振动：为彻底清除粘附在管壁上的氧化铁皮、焊渣和杂质，在冲洗过程中每隔 3～4h 用木锤、铜锤、橡胶锤或使用振动器沿管线从头至尾进行一次敲打振动。重点敲打焊口、法兰、变径、弯头及三通等部位。敲打时要环绕管壁四周均匀敲打，不得伤害管子外表面。振动器的频率为 50～60Hz，振幅为 1.5～3mm 为宜。

（4）循环冲洗注意事项

1）冲洗工作应在管道酸洗后尽快进行，防止造成管内新的锈蚀，影响施工质量。冲洗合格后应立即注入合格的工作油液，每 3 天需起动设备进行循环，以防止管道锈蚀。

2）循环冲洗要连续进行，要 3 班连续作业，无特殊原因不得停止。

3）冲洗回路组成后，冲洗泵源应接在管径较粗一端的回路上，从总回油管向压力油管方向冲洗，使管内杂物能顺利冲出。

4）冲洗设备的油箱应密闭、清洁，并设有空气过滤装置；最好具有流量调整的功能，并配备流量检测装置，能够根据情况调整冲洗流量，并检测出实际冲洗流量的大小；建议采用 3 级以上的供油过滤，最少 1 级的回油过滤。滤芯的过滤精度根据清洁度等级的要求，可在 50μm、20μm、10μm、5μm、3μm 等滤芯规格中选择。图 22. 13-6 为某液压管道冲洗设备的配置方案。

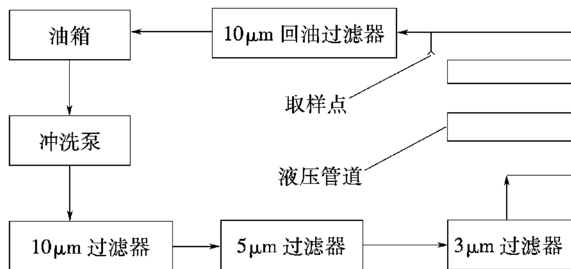


图 22. 13-6　液压管道冲洗示意图

5）冲洗用油一般选粘度较低的 L-AN15 全耗损系统用油。如管道处理较好，一般普通液压系统，也可使用工作油进行循环冲洗。对于使用磷酸酯、水-乙二醇、乳化液等工作介质的系统，选择冲洗油要慎重，必须证明冲洗油与工作油不发生化学反应后方可使用。实践证明：采用乳化液为介质的系统，可用 L-AN15 全耗损系统用油进行冲洗。禁止使用煤油之类对管路有害的油品做冲洗液。

6）冲洗取样应在回油过滤器的上游取样检查。取样时间：冲洗开始阶段，杂质较多，可 6 ~ 8h 一次，当油的清洁度等级接近要求时可每 2 ~ 4h 取样一次。

4　液压系统调试

液压设备安装、循环冲洗合格后，都要对液压系统进行必要的调整试车，使其在满足各项技术参数的前提下，按实际生产工艺要求进行必要的调整，使其在重负荷情况下也能运转正常。

4.1　调试前的准备工作

1）需调试的液压系统必须在循环冲洗合格后，方可进入调试状态。

2）液压驱动的主机设备全部安装完毕，运动部件状态良好并经检查合格后，进入调试状态。

3）控制液压系统的电气设备及线路全部安装完毕并检查合格。

4）熟悉调试所需技术文件，如液压原理图、管路安装图、系统使用说明书、系统调试说明书等。根据以上技术文件，检查管路连接是否正确、可靠，选用的油液是否符合技术文件的要求，油箱内油位是否达到规定高度，根据原理图、装配图认定各液压元器件的位置。

5）清除主机及液压设备周围杂物，调试现场应有必要的安全设施和明显的标志，并由专人负责管理。

6）参加调试人员应分工明确，统一指挥，对操作者进行必要的培训。必要时配备对讲机，方便联络。

4.2　液压系统调试步骤

4.2.1　调试前的检查

1）根据系统原理图、装配图及配管图检查并确认每个液压缸由哪个支路的电磁换向阀操纵。

2）电磁换向阀分别进行空载换向，确认电气动作是否正确、灵活，符合动作顺序要求。

3）将泵吸油管、回油管路上的截止阀开启，泵出口溢流阀及系统中安全阀的调压手轮全部松开；将减压阀置于最低压力位置。

4）流量控制阀置于小开口位置。

5）按照使用说明书要求，向蓄能器内充氮。

4.2.2　起动液压泵

1）用手盘动电动机和液压泵之间的联轴器，确认无干涉并转动灵活。

2）点动电动机，判定电动机转向是否与液压泵转向标志一致，确认后连续点动几次，无异常情况后按下电动机起动按钮，液压泵开始工作。

4.2.3　系统排气

起动液压泵后，将系统压力调到 1.0MPa 左右，分别控制电磁阀换向，使油液分别循环到各支路中，拧动管道上设置的排气阀，将管道中的气体排出；当油液连续溢出时，关闭排气阀。液压缸排气时可将液压缸活塞杆伸出侧的排气阀打开，电磁阀动作，活塞杆运动，将空气挤出，升到上止点时，关闭排气阀。打开另一侧排气阀，使液压缸下行，排出无杆腔中的空气，重复上述排气方法，直到将液压缸中的空气排净为止。

4.2.4　系统耐压试验

系统耐压试验主要是指现场管路的耐压试验，液压设备的耐压试验应在制造厂进行。对于液压管路，耐压试验的压力应为最高工作压力的 1. 5 倍。工作压力≥21MPa 的高压系统，耐压试验的压力应为最高工作压力的 1. 25 倍。如系统自身液压泵可以达到耐压

值时，可不必使用电动试压泵。升压过程中应逐渐分段进行，不可一次达到峰值，每升高一级时，应保持几分钟，并观察管路是否正常。试压过程中严禁操纵换向阀。

4.2.5　主机试验

1）主机在额定工况下运转时，在距离设备1m和距离地面1.5m处的声压不得超过84dB(A)。测试结果可根据设备所处环境的噪声进行修正。

2）主机设备试验过程中，除了不成滴的轻微沾湿外，不得出现可测出的外泄漏。

3）主机设备试验过程中，在油箱中最靠近油泵吸油口处测量并记录油液温度，测量并记录油泵壳体的温度，防止温升过大甚至超出油液或设备的允许温升，并及时冷却油液或检查设备参数调节。

4）至少在一个完整的工作循环内测量平均功率消耗和功率因数，必要时还应测量尖峰功率需求和最低功率因数。

5）主机试验过程中，应定期提取油液样品进行污染度检测，保证其符合系统的清洁度要求。

4.2.6　总体调试

（1）空载调试

试压结束后，将系统压力恢复到准备调试状态，然后按调试说明书中规定的内容，分别对系统的压力、流量、速度、行程进行调整与设定，可逐个支路按先手动后电动的顺序进行，其中还包括压力继电器和行程开关的设定。手动调整结束后，应在设备机、电、液单独无负载试车完毕后，开始进行空载联动试车。

（2）负载调试

设备开始运行后，应逐渐加大负载，如情况正常，才能进行最大负载试车。最大负载试车成功后，应及时检查系统的工作情况是否正常，对压力、噪声、振动、速度、温升、液位等进行全面检查，并根据试车要求作好记录。

4.2.7　调试过程中的注意事项

1）调试前应先检查压力表有无异常状况，若有异常，必须先更换压力表再进行调试。

2）无压力表的设备不准调压。

3）不准在执行元件动作的状态下调节系统的工作压力。

4）压力的调定值需按照设备使用说明书进行，或在最大允许工作压力内根据现场实际情况进行调节。

5）设备压力的调节应遵循从低压到高压逐渐调定；流量的调节应遵循从小流量到大流量逐渐调定。调定之后应将调节螺钉的背帽锁紧。

4.3　液压系统的验收

液压系统试车过程中，应根据设计内容对所有设计值进行检验，根据实际记录结果判定液压系统的运行状况，由设计、用户、制造厂、安装单位进行交工验收，并在有关文件上签字。

5　液压设备的维护

5.1　油液清洁度的控制

油液的污染是导致液压系统出现故障的主要原因。油液的污染，造成的元件故障占系统总故障率的70%～80%。它给设备造成的危害是严重的。因此，液压系统的污染控制越来越受到人们的关注和重视。实践证明：提高系统油液清洁度是提高系统工作可靠性的重要途径，必须认真做好。

5.1.1　污染物的来源与危害

液压系统中的污染物，指在油液中对系统可靠性和元件寿命有害的各种物质。主要有以下几类：固体颗粒、水、空气、化学物质、微生物和能量污染物等。不同的污染物会给系统造成不同程度的危害（见表22.13-3）。

表22.13-3　污染物的种类、来源与危害

种类		来源	危害
固体	切屑、焊渣、型砂	制造过程残留	加速磨损、降低性能，缩短寿命，堵塞阀内阻尼孔，卡住运动件引起失效，划伤表面引起漏油甚至使系统压力大幅下降。漆状沉积膜会使运动件动作不灵活
	尘埃和机械杂质	从外界侵入	
	磨屑、铁锈、油液氧化和分解产生的沉淀物	工作中生成	
水		通过凝结从油箱侵入，冷却器漏水	腐蚀金属表面，加速油液氧化变质，与添加剂作用产生胶质引起阀芯粘滞和过滤器堵塞

（续）

种　　类		来　　源	危　　害
空气		经油箱或低压区泄漏部位侵入	降低油液体积模量，使系统响应缓慢和失去刚度，引起气蚀，促使油液氧化变质，降低润滑性
化学污染物	溶剂、表面活性化合物、油液气化和分解产物	制造过程残留，维修时侵入，工作中生成	与水反应形成酸类物质腐蚀金属表面，并将附着于金属表面的污染物洗涤到油液中
微生物		易在含水液压油中生存并繁殖	引起油液变质劣化，降低油液润滑性，加速腐蚀
能量污染	热能、静电、磁场、放射性物质	由系统或环境引起	粘度降低，泄漏增加，加速油液分解变质，引起火灾

5.1.2　控制油液污染的措施

针对各类污染物的来源采取相应的措施是很有必要的，对系统残留的污染物主要以预防为主。生成的污染物主要靠滤油过程加以清除。详细控制污染的措施见表 22.13-4。

表 22.13-4　控制污染物的措施

污染来源	控制措施
残留污染物	液压元件制造过程中要加强各工序之间的清洗、去毛刺，装配液压元件前要认真清洗零件。加强出厂试验和包装环节的污染控制，保证元件出厂时的清洁度并防止在运输和储存中被污染 装配液压系统之前要对油箱、管路、接头等彻底清洗，未能及时装配的管子要加护盖密封 在清洁的环境中用清洁的方法装配系统 在试车之前要冲洗系统。暂时拆掉的精密元件及伺服阀用冲洗盖板代之。与系统连接之前要保证管路及执行元件内部清洁
侵入污染物	从油桶向油箱注油或从中放油时都要经过过滤装置过滤 保证油桶或油箱的有效密封 从油桶取油之前先清除桶盖周围的污染物 加入油箱的油液要按规定过滤，加油所用器具要先行清洗 系统漏油未经过滤不得返回油箱 与大气相通的油箱必须装有空气过滤器，通气量要与机器的工作环境与系统流量相适应。要保证过滤器安装正确和固定紧密。污染严重的环境可考虑采用加压式油箱或呼吸袋 防止空气进入系统，尤其是经泵吸油管进入系统。在负压区或泵吸油管的接口处应保证气密性。所有管端必须低于油箱最低液面。泵吸油管应该足够低，以防止在低液面时空气经旋涡进入泵 防止冷却器或其他水源的水漏进系统 维修时应严格执行清洁操作规程
生成污染物	要在系统的适当部位设置具有一定过滤精度和一定纳污容量的过滤器，并在使用中经常检查与维护，及时清洗或更换滤芯 使液压系统远离或隔绝高温热源。设计时应使油温保持在最佳值，需要时设置冷却器 发现系统污染度超过规定时，要查明原因，及时消除 单靠系统在线过滤器无法净化污染严重的油液时，可使用便携式过滤装置进行系统外循环过滤 定期取油样分析，以确定污染物的种类，针对污染物确定需要对哪些因素加强控制 定期清洗油箱，要彻底清理掉油箱中所有残留的污染物

5.1.3　油液的过滤

在防止污染物侵入油液的基础上，对系统残留和生成的污染物进行强制性清除非常重要。而对油液进行过滤是清除油液中污染物最有效的方法。过滤器可根据系统和元件的要求，分别安装在系统不同位置

上，如泵吸油管、压力油管、回油管、伺服阀的进油口及系统循环冷却支路上。控制油液中颗粒污染物的数量，是确保系统性能可靠、工作稳定，延长使用寿命最有效的措施，选择过滤器时，需考虑以下几个方面的问题：

1）过滤精度应保证系统油液能达到所需的污染度等级。

2）油液通过过滤器所引起的压力损失应尽可能小。

3）过滤器应具有一定纳污容量，防止频繁更换滤芯。

5.2　液压系统泄漏的控制

液压系统泄漏的原因是错综复杂的，主要与振动、温升、压差、间隙和设计、制造、安装及维护不当有关。泄漏可分为外泄漏和内泄漏两种。外泄漏是指油液从元器件或管件接口内部向外部泄漏；内泄漏是指元器件内部由于间隙、磨损等原因有少量油液从高压腔流到低压腔。外泄漏会造成油液浪费，污染环境，危及人身安全或造成火灾。内泄漏能引起系统性能不稳定，如：使压力、流量不正常，严重时会造成停产事故。为控制内泄漏量，国家对制造元件厂家生产的各类元件颁布了元件出厂试验标准，标准中对元件的内泄漏量作出了详细评定规定。控制外泄漏，常以提高几何精度、降低表面粗糙度和合理的设计，正确地使用密封件来防止和解决漏油问题。液压系统外泄漏的主要部位及原因可归纳为以下几种：

1）管接头和油塞在液压系统中使用较多，在漏油事故中所占的比例也很高，可达30%～40%。管接头漏油大多数发生在与其他零件连接处，如集成块、阀底板、管式元件等与管接头连接部位上，当管接头采用米制螺纹连接，螺孔中心线不垂直密封平面，即螺孔的几何精度和加工尺寸精度不符合要求时，会造成组合垫圈密封不严而泄漏。当管接头采用锥管螺纹连接时，由于锥管螺纹与螺堵之间不能完全吻合密封，如螺纹孔加工尺寸、加工精度超差，极易产生漏油。以上两种情况一旦发生很难根治，只能借助液态密封胶或聚四氟乙烯生料带进行填充密封。管接头组件螺母处漏油，一般都与加工质量有关，如密封槽加工超差，加工精度不够，密封部位的磕碰、划伤都可造成泄漏。必须经过认真处理，消除存在的问题，才能达到密封效果。

2）元件接合面的泄漏也是常见的，如：板式阀、叠加阀、阀盖板、方法兰等均属此类密封型式。接合面间的漏油主要是由几方面问题所造成：与O形圈接触的安装平面加工粗糙、有磕碰、划伤现象、O形圈沟槽直径、深度超差，造成密封圈压缩量不足；沟槽底平面太粗糙、同一底平面上各沟槽深浅不一致、安装螺钉长、强度不够或孔位超差，都会造成密封面不严，产生漏油。解决办法：针对以上问题分别进行处理，如对O形圈沟槽进行补充加工，严格控制深度尺寸，降低沟槽底平面及安装平面的表面粗糙度、提高清洁度，消除密封面不严的现象。

3）轴向滑动表面的漏油，是较难解决的。造成液压缸漏油的原因较多，如活塞杆表面粘附粉尘、泥水、盐雾、密封沟槽尺寸超差、表面的磕碰、划伤、加工粗糙、密封件的低温硬化、偏载等原因都会造成密封损伤、失效引起漏油。解决的办法可从设计、制造、使用几方面进行，如选耐粉尘、耐磨、耐低温性能好的密封件并保证密封沟槽的尺寸及精度，正确选择滑动表面的表面粗糙度，设置防尘伸缩套，尽量不要使液压缸承受偏载，经常擦除活塞杆上的粉尘，注意避免磕碰、划伤，搞好液压油的清洁度管理。

4）泵、马达旋转轴处的漏油主要是由于油封内径过盈量太小，油封座尺寸超差，转速过高，油温高，背压大，轴表面粗糙度差，轴的偏心量大，密封件与介质的相容性差及不合理的安装等因素造成的。解决方法可从设计、制造、使用几方面进行预防，控制泄漏的产生。如设计中考虑合适的油封内径过盈量，保证油封座尺寸精度，装配时油封座可注入封密胶。设计时可根据泵的转速、油温及介质，选用适合的密封材料加工的油封，提高与油封接触表面的表面粗糙度等级及装配质量等。

5）温升发热往往会造成液压系统较严重的泄漏现象，它可使油液粘度下降或变质，使内泄漏增大；温度继续增高，会造成密封材料受热后膨胀增大了摩擦力，使磨损加快，使轴向转动或滑动部位很快产生泄漏。密封部位中的O形圈也由于温度高、加大了膨胀和变形造成热老化，冷却后已不能恢复原状，使密封圈失去弹性，因压缩量不足而失效，逐渐产生渗漏。因此控制温升，对液压系统非常重要。造成温升的原因较多，如机械摩擦引起的温升，压力及容积损失引起的温升，散热条件差引起的温升等。为了减少温升发热所引起的泄漏，首先应从液压系统优化设计的角度出发，设计出传动效率高的节能回路，提高液压件的加工和装配质量，减少内泄漏造成的能量损失。采取粘-温特性好的工作介质，减少内泄漏。隔绝外界热源对系统的影响，加大油箱散热面积，必要时设置冷却器，使系统油温严格控制在25～50℃之间。

液压系统防漏与治漏的主要措施如下：

1）尽量减少油路管接头及法兰的数量，在设计中广泛选用叠加阀、插装阀、板式阀，采用集成块组

合的型式，减少管路泄漏点，是防漏的有效措施之一。

2）将液压系统中的液压阀台安装在与执行元件较近的地方，可以大大缩短液压管路的总长度，从而减少管接头的数量。

3）液压冲击和机械振动直接或间接地影响系统，造成管路接头松动，产生泄漏。液压冲击往往是由于快速换向所造成的，因此在工况允许的情况下，尽量延长换向时间，即阀芯上设有缓冲槽、缓冲锥体结构或在阀内装有延长换向时间的控制阀。液压系统应远离外界振源，管路应合理设置管夹，泵源可采用减振器，高压胶管、补偿接管或装上脉动吸收器来消除压力脉动，减少振动。

4）定期检查、定期维护、及时处理是防止泄漏、减少故障的基本保障。

5.3　液压系统噪声的控制

噪声是公害，它不仅使人感到烦燥，也使大脑产生疲劳，降低工作效率，还会因未及时听清报警信号而造成工伤事故。液压系统产生的噪声对系统本身的工作性能影响较大，它往往与振动同时发生，会造成较严重的压力振摆，致使系统无法正常工作，降低元件的使用寿命。液压系统产生噪声的因素较多，如冲击噪声、压力脉动噪声、气穴噪声、元件噪声等。在液压系统噪声中，70%左右是由液压泵引起的。液压泵输出功率越大，转速越高或泵内的空气量吸入越多，噪声就越大；液压换向冲击产生的噪声也往往会引起管路振动及油箱的共鸣。采取如下措施可降低液压系统的噪声：

1）设计中选用低噪声泵及元件，降低泵的转速。

2）采用上置式油箱，改善泵吸油阻力，排除系统空气，设置泄压回路，延长阀的换向时间，使换向阀芯带缓冲锥度或切槽，采用滤波器，加大管径，设置蓄能器等。

3）采用立式电动机将液压泵浸入油液中，泵进出口采用橡胶软管，泵组下设置减振器，管路中使用管夹，采用隔声、吸声等措施控制噪声的传播。

5.4　液压系统的检查和维护

在液压设备中，很多设备会受到不同程度的外界伤害，如风吹、雨淋、烟尘、高热等。为了充分保障和发挥这些设备的工作效能，减少故障，延长使用寿命，必须加强设备的定期检查和维护，使设备始终保持在良好的工作状态下。液压系统检查和维护要求见表 22.13-5。

表 22.13-5　液压系统检查维护要求

检查项目	检查方法（测量仪器名称）	周期（次数/期间）	检查时		保养基准	维修基准	备注
			运转	停止			
泵的响声	耳听或用噪声计测量	1/季	+		通常系统压力为 7MPa 时，噪声≤75dB（A）；14MPa 时噪声≤90dB（A）	当噪声较大时，修理或更换	与工作油一起混入空气、水等、过滤器堵塞及溢流阀振动有关
泵吸油阻力	真空表（装在泵吸入管处）	1/季	+		正常运转时，吸油真空度要在 127kPa 以下	当阻力较大时，检查过滤器和工作油	与工作油粘度、过滤器堵塞、吸油高度、吸油管内径等有关
泵体温度	点温计（贴在泵体上）	1/年	+		比油温高 5～7℃	温度急剧上升时，要检修	与工作油粘度、过滤器堵塞及调节压力、环境温度等有关
泵出口压力	压力表	1/季	+		保持规定的压力	当压力剧烈变化或不能保持时要修理	注意压力表的共振
马达动作情况	目视、压力表、转速表	1/季	+		动作要平稳	动作不良时要修理	

（续）

检查项目	检查方法（测量仪器名称）	周期（次数/期间）	检查时		保养基准	维修基准	备注
			运转	停止			
马达异常声音	耳听	1/季	+		不能有异常声音	多因定子环、叶片及弹簧破损或磨损引起，更换零件	若压力或流量超过额定值，也会产生异常声音
液压缸动作状况	按设计要求，检查动作的平稳性	1/季	+		按设计要求	动作不良由密封老化、卡死等引起，修理	与泵和溢流阀调节压力也有关
液压缸外泄漏	目视、手摸	1/季	+		活塞杆处及整个外部均不能有泄漏	安装不良（不同心）引起泄漏时，应进行调整，并更换密封	
液压缸内泄漏	打开回油管观测内泄漏情况	1/季	+		根据液压缸工作状态确定	若密封老化引起内泄漏，换密封	
过滤器杂质附着情况	取出观察	1/季		+	表面不能有杂质，不能有损坏	当附着的杂质较多时，要更换滤芯或工作液	
压力表的压力测量	用标准表测量	1/年	+		误差不应超过±1.5%	误差大或损坏时需更换	
温度计的温度测量	用标准表测量	1/年		+	误差不应超过±1.5%	误差大或损坏时更换	
蓄能器的充气压力	用带压力表的充气装置测量	1/年		+	应保持所规定的压力	如设定压力不足时需充气	当液体压力为0时，进行测量
油箱的液位	目视液位计	1/季		+	应保持所规定的液位		
油液的一般特性	目视色泽、闻其气味	1/季		+	应符合标准油液特性	若油变白浊，可对冷却器进行修理并换油，冲洗系统	
油液中的污染状况	用专用仪器测定	1/季	+		应符合规定的清洁度指标	超标时过滤油液	
压力阀设定值及动作状况	检查设定值及动作状况（用压力表）	1/季	+		根据型号来检查动作的可靠性	根据检查情况更换或修理	当流量超过额定值时，会产生动作不良
方向阀换向状况	换向时看执行机构动作情况	1/季	+		方向阀动作可靠，外部不允许漏油	漏油时更换密封圈	
流量阀的流量调整	检查设定位置或观察执行机构的速度	1/年	+		按设计说明书设定	动作不良时修理	

（续）

检查项目	检查方法（测量仪器名称）	周期（次数/期间）	检查时		保养基准	维修基准	备注
			运转	停止			
电器元件的绝缘状况	用 500V 绝缘电阻测量	1/年		+	与地线之间的绝缘电阻，在 10MΩ 以上		
电器元件的电压测量	用电压表测量工作时的最低和最高电压	1/季	+		在额定电压的允许范围内（±15%）	电压变化大时，检查电气设备	电压过高或过低，会烧坏电气元件
液压装置漏油	目视、手摸	1/季	+		不允许漏油（尤其管接头部分）	修理（更换密封件）	管接头接合面接合要可靠
橡胶软管外部损伤	目视、手摸	1/季	+		不能损伤	有损伤时，更换	

5.5　液压系统维修时的注意事项

1）系统工作时应停机，未泄压时或未切断控制电源时，禁止对系统进行检修，防止发生人身伤亡事故。

2）检修现场一定要保持清洁，拆除元件或松开管件前应清除其外表面污物，检修过程中要及时用清洁的护盖把所有暴露的通道口封好，防止污染物侵入系统，不允许在检修现场进行打磨、施工及焊接作业。

3）检修或更换元器件时必须保持清洁，不得有砂粒、污垢、焊渣等，可以先清洗一下，再进行安装。

4）更换密封件时，不允许用锐利的工具，注意不得碰伤密封件或工作表面。

5）拆卸、分解液压元件时要注意零部件拆卸时的方向和顺序并妥善保存，不得丢失，不要将其精加工表面碰伤。元件装配时，各零部件必须清洗干净。

6）安装元件时，拧紧力要均匀适当，防止造成阀体变形、阀芯卡死或接合部位漏油。

7）更换或补充工作液时，必须将新油通过高精度过滤器过滤后注入油箱。工作液牌号必须符合要求。为确保液压系统正常运转，需定期更换液压油，更换油（液）的期限，应根据油（液）品种、工作环境和运行工况不同而不同。一般来说，在连续运转、高温、高湿、灰尘多的地方，需要缩短换油的周期。表 22.13-6 给出的更换周期仅供换油前储备油品时参考，具体更换时间应按使用过程中监测到的数据来决定。

8）不允许在蓄能器壳体上进行焊接和加工，维修不当极易造成严重事故。如发现问题应及时送回制造厂修理。

9）检修完成后，需对检修部位进行确认。无误后，按液压系统调试一节内容进行调整，并观察检修部位，确认正常后，可投入运行。

表 22.13-6　液压介质的更换周期

介质分类	普通液压油	专用液压油	汽轮机油	全损耗系统用油	水包油乳化液	油包水乳化液	磷酸酯液压液
更换周期/月	12～18	>12	6	12	2～3	12～18	>12

6　液压系统常见故障的诊断与消除方法

6.1　常见故障的诊断方法

液压设备是由机械、液压、电气等装置组合而成的，故出现的故障也是多种多样的。某一种故障现象可能由许多因素影响后造成的，因此分析液压故障必须能看懂液压系统原理图，对原理图中各个元件的作用有一个大体的了解，然后根据故障现象进行分析、判断，针对许多因素引起的故障原因需逐一分析，抓住主要矛盾，才能较好地解决和排除故障。液压系统中工作液在元件和管路中的流动情况，外界是很难了解到的，所以给分析、诊断带来了较多的困难，因此要求人们具备较强分析判断故障的能力。在机械、液压、电气诸多复杂的关系中找出故障原因和部位并及时、准确加以排除。一般说来液压系统发生故障的 80% 是由于液压油污染造成液压元件动作失灵所产生

的，分析诊断时需着重考虑。

6.1.1 简易故障诊断法

简易故障诊断法是目前采用最普遍的方法，它是靠维修人员凭个人的经验，利用简单仪表根据液压系统出现的故障，客观地采用问、看、听、摸、闻等方法了解系统工作情况，进行分析、诊断、确定产生故障的原因和部位，具体做法如下：

1）询问设备操作者，了解设备运行状况。其中包括：液压系统工作是否正常；液压泵有无异常现象；液压油检测清洁度的时间及结果；滤芯清洗和更换情况；发生故障前是否对液压元件进行了调节；是否更换过密封元件；故障前后液压系统出现过哪些不正常现象；过去该系统出现过什么故障，是如何排除的等，需逐一进行了解。

2）看液压系统工作的实际状况，观察系统压力、速度、油液、泄漏、振动等是否存在问题。

3）听液压系统的声音，如冲击声，泵的噪声及异常声，判断液压系统工作是否正常。

4）根据温升、振动、爬行及连接处的松紧程度判定运动部件工作状态是否正常。

总之，简易诊断法只是一个简易的定性分析，对快速判断和排除故障具有较广泛的实用性。

6.1.2 液压系统原理图分析法

根据液压系统原理图分析液压传动系统出现的故障，找出故障产生的部位及原因，并提出排除故障的方法。液压系统原理图分析法是目前工程技术人员应用最为普遍的方法，它要求人们对液压知识具有一定基础，能看懂液压系统图并掌握各图形符号所代表的元件，对元件的原理、结构及性能也应有一定的了解。有了这样的基础，结合动作循环表对照分析、判断故障就很容易了。所以认真学习液压基础知识、掌握液压原理图是故障诊断与排除最有力的助手，也是其他故障分析法的基础，必须认真掌握。

6.1.3 其他分析方法

液压系统发生故障时，往往不能立即找出故障发生的部位和根源。为了避免盲目性，人们必须根据液压系统原理进行逻辑分析或采用因果分析等方法逐一排除，最后找出发生故障的部位，这就是用逻辑分析方法查找的方法。为了便于应用，故障诊断专家设计了逻辑流程图或其他图表对故障进行逻辑判断，为故障诊断提供了方便。

6.2 液压系统常见故障及消除方法

6.2.1 系统压力不正常的消除方法(见表22.13-7)

表22.13-7 系统压力不正常的消除方法

故障现象及原因		消除方法
没有压力	液压泵吸不进油液	油箱加油、换过滤器等
	油液全部从溢流阀溢回油箱	调整溢流阀
	液压泵装配不当，泵不工作	修理或更换
	泵的定向控制装置位置错误	检查控制装置线路
	液压泵损坏	更换或修理
	泵的驱动装置扭断	更换、调整联轴器
压力不足	溢流阀旁通阀损坏	修理或更换
	减压阀或溢流阀设定值过低	重新设定
	集成通道块设计有误	重新设计
	减压阀损坏	修理或更换
	泵、马达或缸损坏、内泄大	修理或更换
	泵转速过低	检查原动机及控制
	油箱液面低	加油至标定高度
压力不稳定	油中混有空气	堵漏、加油、排气
	溢流阀磨损、弹簧刚性差	修理或更换
	油液污染、堵塞阀阻尼孔	清洗、换油
	蓄能器或充气阀失效	修理或更换
	泵、马达或缸磨损	修理或更换
压力过高	减压阀、溢流阀或卸荷阀设定值不对	重新设定
	泵变量机构不工作	修理或更换
	减压阀、溢流阀或卸荷阀堵塞或损坏	清洗或更换

6.2.2　系统流量不正常的消除方法(见表 22.13-8)

表 22.13-8　流量不正常的排除方法

故障现象及原因		消 除 方 法
没有流量	1）参考表 22.13-7 没有压力时的分析	
	2）换向阀的电磁铁松动、线圈短路	
	3）油液被污染，阀芯卡住	更换或修理
	4）M、H 型机能滑阀未换向	冲洗、换油
流量过小	1）流量控制装置调整太低	调高
	2）溢流阀或卸荷阀压力调得太低	调高
	3）旁路控制阀关闭不严	更换阀、查控制线路
	4）泵的容积效率下降	换新泵、排气
	5）系统内泄漏严重	紧连接、换密封
	6）变量泵正常调节无效	修理或更换
	7）管路沿程损失过大	增大管径、提高压力
	8）泵、阀及其他元件磨损	更换或修理
流量过大	1）流量控制装置调整过高	调低
	2）变量泵正常调节无效	修理或更换
	3）检查泵的型号和电动机转速是否正确	

6.2.3　系统噪声、振动大的消除方法(见表 22.13-9)

表 22.13-9　系统噪声、振动大的消除方法

故障现象及原因			消 除 方 法
泵噪声、振动大	泵内产生气穴	油液温度太低或粘度太高	加热油液或更换
		吸入管太长、太细、弯头太多	更改管道设计
		进油过滤器过小或堵塞	更换或清洗
		泵离液面太高	更改泵安装位置
		辅助泵故障	修理或更换
		泵转速太快	减小到合理转速
	油液中有气泡	油液选用不合适	更换油液
		油箱中回油管在液面上	管伸到液面下
		油箱液面太低	油加至规定范围
		进油管接头进入空气	更换或紧固接头
		泵轴油封损坏	更换油封
		系统排气不好	重新排气
	泵磨损或损坏		更换或修理
	泵与原动机同轴度低		系统调整
液压马达噪声大	管接头密封件不良		换密封件
	油马达磨损或损坏		更换或修理
	油马达与工作机同轴度低		重新调整
液压缸振动大	空气进入液压缸		很好地排出空气 可对液压缸活塞、密封衬垫涂上二硫化钼润滑脂

（续）

故障现象及原因		消除方法
溢流阀尖叫	压力调整过低或与其他阀太近 锥阀、阀座磨损	重新调节、组装或更换 更换或修理
管道噪声大	油流剧烈流动	1）加粗管道，使流速控制在允许范围内 2）少用弯头多的管子采用曲率小的弯管 3）采用胶管 4）油流紊乱处不采用直角弯头或三通 5）采用消声器、蓄能器等
管道振动大	管道长、固定不良 溢流阀、卸荷阀、液控单向阀、平衡阀、方向阀等工作不良引起的管道振动和噪声	1）增加管夹，加防振垫并安装压板 2）适当处装上节流阀改为外泄型式对回路进行改造增设管夹
油箱振动	1）油箱结构不良 2）泵安装在油箱上 3）没有防振措施	1）增厚箱板在侧板、底板上增设肋板改变回油管末端的形状或位置 2）泵和电动机单独装在油箱外底座上，并用软管与油箱连接 3）在油箱脚下、泵的底座下增加防振垫

6.2.4　系统液压冲击大的消除方法(见表22.13-10)

表22.13-10　系统液压冲击大的消除方法

故障现象及原因		消除方法
换向时产生冲击	换向时瞬时关闭、开启，造成动能或势能相互转换时产生的液压冲击	1）延长换向时间 2）设计带缓冲的阀芯 3）加粗管径、缩短管路 4）降低电液阀换向的控制压力 5）在控制管路或回油管路上增设节流阀 6）选用带先导卸荷功能的元件 7）采用电气控制方法，使两个以上的阀不能同时换向
液压缸在运动中突然被制动所产生的液压冲击	液压缸运动时，具有很大的动量和惯性，突然被制动，会引起较大的压力增值故产生液压冲击	1）液压缸进出油口处分别设置反应快、灵敏度高的小型安全阀 2）在满足驱动力时尽量减少系统工作压力，或适当提高系统背压 3）液压缸附近安装囊式蓄能器
液压缸到达终点时产生的液压冲击	液压缸运动时产生的动量和惯性与缸体发生碰撞，引起的冲击	1）在液压缸两端设缓冲装置 2）液压缸进出油口处分别设置反应快、灵敏度高的小型溢流阀 3）设置行程(开关)阀

6.2.5　执行机构运动不正常的消除方法（见表 22.13-11）

表 22.13-11　执行机构运动不正常的消除方法

故障现象及原因		消除方法
系统压力正常但执行元件无动作	电磁阀中电磁铁有故障	排除或更换
	限位或顺序装置（机械式、电气式或液动式）不工作或调得不对	调整、修复或更换
	机械故障	排除
	没有指令信号	查找、修复
	放大器不工作或调得不好	调整、修复或更换
	阀不工作	调整、修复或更换
	缸或马达损坏	修复或更换
	液控单向阀的外控油路有问题，减压阀、顺序阀的压力过低或过高	修理排除 重新调整
	机械式、电气式或液动式限位或顺序装置不工作或调得不好	调整、修复或更换
执行元件动作太慢	泵输出流量不足或系统泄漏太大	检查、修复或更换
	油液粘度太高或太低	检查、调整或更换
	阀的控制压力不够或阀内阻尼孔堵塞	清洗、调整
	外负载过大	检查、调整
	放大器失灵或调得不对	调整修复或更换
	阀芯卡涩	清洗、过滤或换油
	缸或马达磨损严重	修理或更换
动作不规则	压力不正常	见表 22.13-7
	油中混有空气	加油、排气
	指令信号不稳定	查找、修复
	放大器失灵或调得不对	调整、修复或更换
	传感器反馈失灵	修理或更换
	阀芯卡涩	
	缸或马达磨损或损坏	修理或更换
机构爬行	1）液压缸和管道中有空气	排除系统中空气
	2）系统压力过低或不稳	调整、修理压力阀
	3）滑动部件阻力太大	修理、加润滑油
	4）液压缸与滑动部件安装不良，如机架刚度不够、紧固螺栓松动等	调整、加固

6.2.6　系统油温过高的消除方法（见表 22.13-12）

表 22.13-12　系统油温过高的消除方法

故障现象及原因		消 除 方 法
油液温度过高	1）系统压力太高 2）卸荷回路动作不良，当系统不需要压力油时，而油仍在溢流阀的设定压力下溢回油箱 3）油液冷却不足： a. 电磁水阀失灵或风扇失灵 b. 冷却水管道中有沉淀或水垢 c. 油箱的散热面积不足 4）泵、马达、阀、缸及其他元件磨损 5）蓄能器容量不足或有故障 6）油液脏或供油不足 7）油液粘度不对 8）油液的阻力过大，如：管道的内径和需要的流量不相适应或者由于阀规格过小，能量损失太大 9）附近有热源影响，辐射热大	1）在满足工作要求条件下，尽量调低至合适的压力 2）改进卸荷回路设计；检查电控回路及相应各阀动作；调低卸荷压力；高压小流量、低压大流量时，采用变量泵 3）a. 检查冷却水系统，更换、修理电磁水阀；更换、修理风扇 b. 清洗，修理或更换冷却器 c. 改装冷却系统或加大油箱容量 4）更换已磨损的元件 5）换大蓄能器，修理蓄能器 6）清洗或更换过滤器；加油至规定油位 7）更换合适粘度的油液 8）装置适宜尺寸的管道和阀 9）采用隔热材料反射板或变更布置场所；设置通风、冷却装置等，选用合适的工作油液

（续）

故障现象及原因		消 除 方 法
液压泵过热	1）油液温度过高 2）溢流阀或卸荷阀压力调得太高 3）油液粘度过低或过高 4）过载 5）泵磨损或损坏 6）有气穴现象 7）油液中有空气	1）见“油液温度过高”故障排除 2）调整至合适压力 3）选择适合本系统粘度的油 4）检查支承与密封状况，检查超出设计要求的载荷 5）修理或更换 6）见表 22. 13-9 7）见表 22. 13-9
液压马达过热	1）油液温度过高 2）过载 3）马达磨损或损坏 4）溢流阀、卸荷阀压力调得太高	1）见“油液温度过高”故障排除 2）检查支承与密封状况，检查超出设计要求的载荷 3）修理或更换 4）调至正确压力

7 液压元件常见故障与处理方法

由于液压泵、缸、阀等元件的类型、品种相当多，故障分析时，应首先熟悉和掌握元件的结构、特性和工作原理，应加强现场观测、分析研究、做到及时、有效排除液压故障。下面仅介绍主要液压元件的常见、共性故障分析及排除方法供参考。

7.1 液压泵常见故障及处理（见表 22. 13-13）

表 22. 13-13 液压泵常见故障及处理

故障现象	原 因 分 析		消 除 方 法
（一）泵不输油	1. 泵不转	（1）电动机轴未转动 1）未接通电源 2）电气线路及元件故障	检查电气并排除故障
		（2）电动机发热跳闸 1）溢流阀调压过高，或阀芯卡死堵塞超载荷后闷泵 2）电动机驱动功率不足 3）泵出口单向阀装反或阀芯卡死而闷泵 4）电动机故障	1）调节溢流阀压力值检修阀 2）加大电动机功率 3）检修单向阀 4）检修或更换电动机
		（3）泵轴或电动机轴上无连接键 1）折断 2）漏装	1）更换键 2）补装键
		（4）泵内部滑动副卡死 1）配合间隙太小 2）零件精度差，装配质量差，齿轮与轴同轴度偏差太大；柱塞头部卡死；叶片垂直度差；转子摆差太大，转子槽有伤口或叶片有伤痕，受力后断裂而卡死	1）拆开检修，按要求选配间隙 2）更换零件，重新装配，使配合间隙达到要求
	2. 泵反转	电动机转向不对 1）电气线路接错 2）泵体上的旋向箭头错误	1）纠正电气线路 2）纠正泵体上的旋向箭头
	3. 泵轴仍可转动	泵轴内部折断 1）轴质量差 2）泵内滑动副卡死	1）检查原因，更换新轴 2）处理见本表(一)1.（4）

（续）

故障现象	原因分析		消除方法
（一）泵不输油	4. 泵不吸油	（1）油箱油位过低	（1）加油至油位线
		（2）吸油过滤器堵塞	（2）清洗滤芯或更换
		（3）泵吸油管上阀门未打开	（3）检查打开阀门
		（4）泵或吸油管密封不严	（4）检查和紧固接头处，紧固泵盖螺钉，在泵盖结合处和接头连接处涂上油脂，或先向泵吸油口灌油
		（5）泵吸油高度超标准且吸油管细长并弯头太多	（5）降低吸油高度，更换管子，减少弯头
		（6）吸油过滤器过滤精度太高，或通油面积太小	（6）选择合适的过滤精度，加大过滤器规格
		（7）油的粘度太高	（7）检查油的粘度，更换适宜的油液，冬季要检查加热器的效果
		（8）叶片泵叶片未伸出，或卡死	（8）拆开清洗，合理选配间隙。检查油质。过滤或更换油液
		（9）叶片泵变量机构动作不灵，使偏心量为零	（9）更换或调整变量机构
		（10）柱塞泵变量机构失灵，如加工精度差，装配不良，配合间隙太小，泵内部摩擦阻力太大，伺服活塞、变量活塞及弹簧芯轴卡死，通向变量机构的个别油道有堵塞以及油液太脏，油温太高，使零件热变形等	（10）拆开检查，修配或更换零件，合理选配间隙；过滤或更换油液；检查冷却器效果；检查油箱内的油位并加至油位线
		（11）柱塞泵缸体与配油盘之间不密封（如柱塞泵中心弹簧折断）	（11）更换弹簧
		（12）叶片泵配油盘与泵体之间不密封	（12）拆开清洗重新装配
（二）泵噪声大	1. 吸空现象严重	（1）吸油过滤器堵塞，吸油阻力大	（1）清洗或更换过滤器
		（2）吸油管距油面较近	（2）适当调整吸油管长度或位置
		（3）吸油位置太高或油箱液位太低	（3）降低泵的安装高度或提高液位高度
		（4）泵和吸油管口密封不严	（4）检查连接处和结合面的密封，并紧固
		（5）油的粘度过高	（5）检查油质，按要求选用油的粘度
		（6）泵的转速太高（使用不当）	（6）控制在最高转速以下
		（7）吸油过滤器通过面积太小	（7）更换通油面积大的过滤器
		（8）非自吸泵的辅助泵供油量不足或有故障	（8）修理或更换辅助泵
		（9）油箱上空气过滤器堵塞	（9）清洗或更换空气过滤器
		（10）泵轴油封失效	（10）更换
	2. 吸入气泡	（1）油液中溶解一定量的空气，在工作过程中又生成的气泡	（1）在油箱内增设隔板，将回油经过隔板消泡后再吸入，油液中加消泡剂
		（2）回油涡流强烈生成泡沫	（2）吸油管与回油管要隔开一定距离，回油管口要插入油面以下
		（3）管道内或泵壳内存有空气	（3）进行空载运转，排除空气
		（4）吸油管浸入油面的深度不够	（4）加长吸油管，往油箱中注油使其液面升高
	3. 液压泵运转不良	（1）泵内轴承磨耗严重或破损	（1）拆开清洗，更换
		（2）泵内部零件破损或磨损	（2）
		1）定子环内表面磨损严重	1）更换定子圈
		2）齿轮精度低，摆差大	2）研配修复或更换

（续）

故障现象	原因分析		消除方法
（二）泵噪声大	4. 泵的结构因素	（1）困油严重产生较大的流量脉动和压力脉动 1）卸荷槽设计不佳 2）加工精度差 （2）变量泵变量机构工作不良(间隙过小,加工精度差,油液太脏等) （3）双级叶片泵的压力分配阀工作不正常(间隙过小,加工精度差,油液太脏等)	（1） 1）改进设计，提高卸荷能力 2）提高加工精度 （2）拆开清洗，修理，重新装配达到性能要求，过滤或更换油液 （3）拆开清洗，修理，重新装配达到性能要求，过滤或更换油液
	5. 泵安装不良	（1）泵轴与电动机轴同轴度差 （2）联轴器安装不良，同轴度差并有松动	（1）重新安装达到技术要求，同轴度一般应达到0.1mm以内 （2）重新安装达到技术要求，并用顶丝紧固联轴器
（三）泵出油量不足	1. 容积效率低	（1）泵内部滑动零件磨损严重 1）叶片泵配油盘端面磨损严重 2）齿轮端面与侧板磨损严重 3）齿轮泵因轴承损坏使泵体孔磨损严重 4）柱塞泵柱塞与缸体孔磨损严重 5）柱塞泵配油盘与缸体端面磨损严重	（1）拆开清洗，修理和更换 1）研磨配油盘端面 2）研磨修理或更换 3）更换轴承并修理 4）更换柱塞并配研到要求间隙，清洗后重新装配 5）研磨两端面达到要求，清洗后重新装配
		（2）泵装配不良 1）定子与转子、柱塞与缸体、齿轮与泵体、齿轮与侧板之间的间隙太大 2）叶片泵、齿轮泵泵盖上螺钉拧紧力矩不匀或有松动 3）叶片和转子反装	1）重新装配，按技术要求选配间隙 2）重新拧紧螺钉并达到受力均匀 3）纠正方向重新装配
		（3）油的粘度过低(如用错油或油温过高)	（3）更换油液，检查油温过高原因，提出降温措施
	2. 泵有吸气现象	参见本表(二)1.、2.	参见本表(二)1.、2.
	3. 泵内部机构工作不良	参见本表(二)4.	参见本表(二)4.
	4. 供油量不足	非自吸泵的辅助泵供油量不足或有故障	修理或更换辅助泵
（四）压力不足或压力升不高	1. 漏油严重	参见本表(三)1.	参见本表(三)1.
	2. 驱动机构功率过小	（1）电动机输出功率过小 1）设计不合理 2）电动机有故障 （2）机械驱动机构输出功率过小	（1） 1）核算电动机功率，若不足应更换 2）检查电动机并排除故障 （2）核算驱动功率并更换驱动机构
	3. 泵排量选得过大或压力调得过高	造成驱动机构或电动机功率不足	重新计算匹配压力、流量和功率，使之合理

（续）

故障现象	原因分析		消除方法
（五）压力不稳定，流量不稳定	1. 泵有吸气现象	参见本表(二)1. 、2.	参见本表(二)1. 、2.
	2. 油液过脏	个别叶片在转子槽内卡住或伸出困难	过滤或更换油液
	3. 泵装配不良	（1）个别叶片在转子槽内间隙过大，造成高压油向低压腔流动 （2）个别叶片在转子槽内间隙过小，造成卡住或伸出困难 （3）个别柱塞与缸体孔配合间隙过大，造成漏油量大	（1）拆开清洗，修配或更换叶片，合理选配间隙 （2）修配，使叶片运动灵活 （3）修配后使间隙达到要求
	4. 泵的结构因素	参见本表(二)4.	参见本表(二)4.
	5. 供油量波动	非自吸泵的辅助泵有故障	修理或更换辅助泵
（六）异常发热	1. 装配不良	（1）间隙选配不当(如柱塞与缸体、叶片与转子槽、定子与转子、齿轮与侧板等配合间隙过小,造成滑动部位过热烧伤) （2）装配质量差，传动部分同轴度未达到技术要求，运转时有别劲现象 （3）轴承质量差，或装配时被打坏，或安装时未清洗干净，造成运转时别劲 （4）经过轴承的润滑油排油口不畅通 1）回油口螺塞未打开(未接管子) 2）安装时油道未清洗干净，有脏物堵住 3）安装时回油管弯头太多或有压扁现象	（1）拆开清洗，测量间隙，重新配研达到规定间隙 （2）拆开清洗，重新装配，达到技术要求 （3）拆开检查，更换轴承，重新装配 （4） 1）安装好回油管 2）清洗管道 3）更换管子，减少弯头
	2. 油液质量差	（1）油液的粘-温特性差，粘度变化大 （2）油中含有大量水分造成润滑不良 （3）油液污染严重	（1）按规定选用液压油 （2）更换合格的油液，清洗油箱内部 （3）更换油液
	3. 管路故障	（1）泄油管压扁或堵死 （2）泄油管管径太细，不能满足排油要求 （3）吸油管径细，吸油阻力大	（1）清洗或更换 （2）更改设计，更换管子 （3）加粗管径、减少弯头、降低吸油阻力
	4. 受外界条件影响	外界热源高，散热条件差	清除外界影响，增设隔热措施
	5. 内部泄漏大，容积效率过低而发热	参见本表(三)1.	参见本表(三)1.

（续）

故障现象	原因分析		消除方法
（七）轴封漏油	1. 安装不良	（1）密封件唇口装反 （2）骨架弹簧脱落 1）轴的倒角不适当，密封唇口翻开，使弹簧脱落 2）装轴时不小心，使弹簧脱落 （3）密封唇部粘有异物 （4）密封唇口通过花键轴时被拉伤 （5）油封装斜了 1）沟槽内径尺寸太小 2）沟槽倒角过小 （6）装配时造成油封严重变形 （7）密封唇翻卷 1）轴倒角太小 2）轴倒角处太粗糙	（1）拆下重新安装，拆装时不要损坏唇部。若有变形或损伤应更换 （2） 1）按加工图样要求重新加工 2）重新安装 （3）取下清洗，重新装配 （4）更换后重新安装 （5） 1）检查沟槽尺寸，按规定重新加工 2）按规定重新加工 （6）检查沟槽尺寸及倒角 （7）检查轴倒角尺寸和表面粗糙度，可用砂布打磨倒角处，装配时在轴倒角处涂上油脂
	2. 轴和沟槽加工不良	（1）轴加工错误 1）轴颈不适宜，使油封唇口部位磨损，发热 2）轴倒角不合要求，使油封唇口拉伤，弹簧脱落 3）轴颈外表有车削或磨削痕迹 4）轴颈表面粗糙使油封唇边磨损加快 （2）沟槽加工错误 1）沟槽尺寸过小，使油封装斜 2）沟槽尺寸过大，油从外周漏出 3）沟槽表面有划伤或其他缺陷，油从外周漏出	（1） 1）检查尺寸，换轴。油封处的公差常用h8 2）重新加工轴的倒角 3）重新修磨，消除磨削痕迹 4）重新加工达到图样要求 （2）更换泵盖，修配沟槽达到配合要求
	3. 油封本身有缺陷	油封质量不好，不耐油或对液压油相容性差，变质、老化、失效造成漏油	更换相适应的油封橡胶件
	4. 容积效率过低	参见本表(三)1.	参见本表(三)1.
	5. 泄油孔被堵	泄油孔被堵后，泄油压力增加，造成密封唇口变形太大，接触面增加，摩擦产生热老化，使油封失效，引起漏油	清洗油孔，更换油封
	6. 外接泄油管径过细或管道过长	泄油困难，泄油压力增加	适当增大管径或缩短泄油管长度
	7. 未接泄油管	泄油管未打开或未接泄油管	打开螺塞接上泄油管

7.2　液压马达常见故障及处理(见表 22.13-14)

表 22.13-14　液压马达常见故障及处理

故障现象	原因分析		消除方法
(一) 转速低转矩小	1. 液压泵供油量不足	1) 电动机转速不够 2) 吸油过滤器滤网堵塞 3) 油箱中油量不足或吸油管径过小造成吸油困难 4) 密封不严，有泄漏，空气侵入内部 5) 油的粘度过大 6) 液压泵轴向及径向间隙过大，内泄增大	1) 找出原因，进行调整 2) 清洗或更换滤芯 3) 加足油量，适当加大管径 4) 拧紧有关接头，防止泄漏或空气侵入 5) 选择粘度小的油液 6) 适当修复液压泵
	2. 液压泵输出油压不足	1) 液压泵效率太低 2) 溢流阀调整压力过低或发生故障 3) 油管阻力过大(管道过长或过细) 4) 油的粘度较小，内部泄漏较大	1) 检查液压泵故障，并加以排除 2) 检查溢流阀故障，重新调高压力 3) 更换孔径较大的管道或减少长度 4) 检查内泄漏部位的密封情况，更换油液或密封
	3. 液压马达泄漏	1) 液压马达结合面没有拧紧或密封不好，有泄漏 2) 液压马达内部零件磨损，泄漏严重	1) 拧紧接合面检查密封情况或更换密封圈 2) 检查其损伤部位，并修磨或更换零件
	4. 液压马达损坏	配油盘的支承弹簧疲劳，失去作用	检查、更换支承弹簧
(二) 泄漏	1. 内部泄漏	1) 配油盘磨损严重 2) 轴向间隙过大 3) 配油盘与缸体端面磨损，轴向间隙过大 4) 弹簧疲劳 5) 柱塞与缸体磨损严重	1) 检查配油盘接触面，并加以修复 2) 检查并将轴向间隙调至规定范围 3) 修磨缸体及配油盘端面 4) 更换弹簧 5) 研磨缸体孔、重配柱塞
	2. 外部泄漏	1) 轴端密封损坏，磨损 2) 盖板处的密封圈损坏 3) 结合面有污物或螺栓未拧紧 4) 管接头密封不严	1) 更换密封圈并查明磨损原因 2) 更换密封圈 3) 检查、清除并拧紧螺栓 4) 拧紧管接头
(三) 噪声		1) 密封不严，有空气侵入内部 2) 液压油被污染，有气泡混入 3) 联轴器不同心 4) 液压油粘度过大 5) 液压马达的径向尺寸严重磨损 6) 叶片已磨损 7) 叶片与定子接触不良，有冲撞现象 8) 定子磨损	1) 检查有关部位的密封，紧固各连接处 2) 更换清洁的液压油 3) 校正同心 4) 更换粘度较小的油液 5) 修磨缸孔、重配柱塞 6) 尽可能修复或更换 7) 进行修整 8) 进行修复或更换。如因弹簧过硬造成磨损加剧，则应更换刚度较小的弹簧

7.3　液压缸常见故障及处理(见表22.13-15)

表22.13-15　液压缸常见故障及处理

故障现象		原 因 分 析	消 除 方 法
(一)活塞杆不能动作	1. 压力不足	(1)油液未进入液压缸 1)换向阀未换向 2)系统未供油 (2)虽有油,但没有压力 1)系统有故障,主要是泵或溢流阀有故障 2)内部泄漏严重,活塞与活塞杆松脱,密封件损坏严重 (3)压力达不到规定值 1)密封件老化、失效,密封圈唇口装反或有破损 2)活塞环损坏 3)系统调定压力过低 4)压力调节阀有故障 5)通过调速阀的流量过小,液压缸内泄漏量增大时,流量不足,造成压力不足	(1) 1)检查换向阀未换向的原因并排除 2)检查液压泵和主要液压阀的故障原因并排除 (2) 1)检查泵或溢流阀的故障原因并排除 2)紧固活塞与活塞杆并更换密封件 (3) 1)更换密封件,并正确安装 2)更换活塞环 3)重新调整压力,直至达到要求值 4)检查原因并排除 5)调速阀的通过流量必须大于液压缸内泄漏量
	2. 压力已达到要求但仍不动作	(1)液压缸结构上的问题 1)活塞端面与缸筒端面紧贴在一起,工作面积不足,故不能启动 2)具有缓冲装置的缸筒上单向阀回路被活塞堵住 (2)活塞杆移动"别劲" 1)缸筒与活塞,导向套与活塞杆配合间隙过小 2)活塞杆与夹布胶木导向套之间的配合间隙过小 3)液压缸装配不良(如活塞杆、活塞和缸盖之间同轴度差,液压缸与工作台平行度差) (3)液压回路引起的原因,主要是液压缸背压腔油液未与油箱相通,回油路上的调速阀节流口调节过小或连通回油的换向阀未动作	(1) 1)端面上要加一条通油槽,使工作液体迅速流向活塞的工作端面 2)缸筒的进出油口位置应与活塞端面错开 (2) 1)检查配合间隙,并配研到规定值 2)检查配合间隙,修刮导向套孔,达到要求的配合间隙 3)重新装配和安装,不合格零件应更换 检查原因并消除
(二)速度达不到规定值	1. 内泄漏严重	(1)密封件破损严重 (2)油的粘度太低 (3)油温过高	(1)更换密封件 (2)更换适宜粘度的液压油 (3)检查原因并排除
	2. 外载荷过大	(1)设计错误,选用压力过低 (2)工艺和使用错误,造成外载比预定值大	(1)核算后更换元件,调大工作压力 (2)按设备规定值使用
	3. 活塞移动时"别劲"	(1)加工精度差,缸筒孔锥度和圆度超差 1)活塞杆与活塞不同轴 2)活塞杆全长或局部弯曲 3)液压缸内孔直线性不良(鼓形、锥度等) 4)缸内腐蚀、拉毛	(1)检查零件尺寸,更换无法修复的零件 1)校正二者同轴度 2)校直活塞杆 3)镗磨修复,重配活塞 4)轻微者修去锈蚀和毛刺,严重者必须镗磨

（续）

故障现象	原 因 分 析		消 除 方 法
（二）速度达不到规定值	3. 活塞移动时“别劲”	（2）装配质量差 1）活塞、活塞杆与缸盖之间同轴度差 2）液压缸与工作台平行度差 3）活塞杆与导向套配合间隙过小 （3）液压缸端盖密封圈压得太紧或过松 （4）双活塞杆两端螺母拧得太紧，使其同轴度不良	（2）严格按装配工艺装配 1）按要求重新装配 2）按照要求重新装配 3）检查配合间隙，修刮导向套孔，达到要求的配合间隙 （3）调整密封圈，使它不紧不松，保证活塞杆能来回用手平稳地拉动而无泄漏 （4）螺母不宜拧得太紧，一般用手旋紧即可，以保持活塞杆处于自然状态
	4. 脏物进入滑动部位	（1）油液过脏 （2）防尘圈破损 （3）装配时未清洗干净或带入脏物	（1）过滤或更换油液 （2）更换防尘圈 （3）拆开清洗，装配时要注意清洁
	5. 活塞在端部行程时速度急剧下降	（1）缓冲调节阀的节流口调节过小，在进入缓冲行程时，活塞可能停止或速度急剧下降 （2）固定式缓冲装置中节流孔直径过小 （3）缸盖上固定式缓冲节流环与缓冲柱塞之间间隙过小	（1）缓冲节流阀的开口度要调节适宜，并能起到缓冲作用 （2）适当加大节流孔直径 （3）适当加大间隙
	6. 活塞移动到中途发现速度变慢或停止	（1）缸筒内径加工精度差，表面粗糙，使内泄量增大 （2）缸壁胀大，当活塞通过增大部位时，内泄漏量增大	（1）修复或更换缸筒 （2）更换缸筒
（三）液压缸产生爬行	1. 液压缸活塞杆运动“别劲”	参见本表(二)3.	参见本表(二)3
	2. 缸内进入空气	（1）新液压缸，修理后的液压缸或设备停机时间过长的缸，缸内有气或液压缸管道中排气未排净 （2）缸内部形成负压，从外部吸入空气 （3）从缸到换向阀之间管道的容积比液压缸内容积大得多，液压缸工作时，这段管道上油液未排完，所以空气也很难排净 （4）泵吸入空气(参见液压泵故障) （5）油液中混入空气(参见液压泵故障)	（1）空载大行程往复运动，直到把空气排完 （2）先用油脂封住结合面和接头处，若吸空情况有好转，则把紧固螺钉和接头拧紧 （3）可在靠近液压缸的管道中取高处加排气阀。拧开排气阀，活塞在全行程情况下运动多次，把气排完后再把排气阀关闭 （4）参见液压泵故障的消除对策 （5）参见液压泵故障的消除对策
（四）缓冲装置故障	1. 缓冲作用过度	（1）缓冲调节阀的节流口开口过小 （2）缓冲柱塞“别劲”（如柱塞头与缓冲环间隙太小，活塞倾斜或偏心） （3）在柱塞头与缓冲环之间有脏物 （4）固定式缓冲装置柱塞头与衬套之间间隙太小	（1）将节流口调节到合适位置并紧固 （2）拆开清洗，适当加大间隙，不合格的零件应更换 （3）修去毛刺和清洗干净 （4）适当加大间隙

（续）

故障现象	原 因 分 析		消 除 方 法
（四）缓冲装置故障	2. 缓冲作用失灵	（1）缓冲调节阀处于全开状态 （2）惯性能量过大 （3）缓冲调节阀不能调节 （4）单向阀处于全开状态或单向阀阀座封闭不严 （5）活塞上密封件破损，当缓冲腔压力升高时，工作液体从此腔向工作压力一侧倒流，故活塞不减速 （6）柱塞头或衬套内表面上有伤痕 （7）镶在缸盖上的缓冲环脱落 （8）缓冲柱塞锥面长度和角度不适宜	（1）调节到合适位置并紧固 （2）应设计合适的缓冲机构 （3）修复或更换 （4）检查尺寸，更换锥阀芯或钢球，更换弹簧，并配研修复 （5）更换密封件 （6）修复或更换 （7）更换新缓冲环 （8）修正
	3. 缓冲行程段出现“爬行”	（1）加工不良，如缸盖，活塞端面的垂直度不合要求，在全长上活塞与缸筒间隙不匀，缸盖与缸筒不同心，缸筒内径与缸盖中心线偏差大，活塞与螺帽端面垂直度不合要求造成活塞杆挠曲等 （2）装配不良，如缓冲柱塞与缓冲环相配合的孔有偏心或倾斜等	（1）对每个零件均仔细检查，不合格的零件不准使用 （2）重新装配确保质量
（五）有外泄漏	1. 装配不良	（1）液压缸装配时端盖装偏，活塞杆与缸筒不同心，使活塞杆伸出困难，加速密封件磨损 （2）液压缸与工作台导轨面平行度差，使活塞伸出困难，加速密封件磨损 （3）密封件安装差错，如密封件划伤、切断，密封唇装反，唇口破损或轴倒角尺寸不对，密封件装错或漏装 （4）密封压盖未装好 1）压盖安装有偏差 2）紧固螺钉受力不匀 3）紧固螺钉过长，使压盖不能压紧	（1）拆开检查，重新装配 （2）拆开检查，重新安装，并更换密封件 （3）更换并重新安装密封件 （4） 1）重新安装 2）重新安装，拧紧螺钉，使其受力均匀 3）按螺孔深度合理选配螺钉长度
	2. 密封件质量问题	（1）保管期太长，密封件自然老化失效 （2）保管不良，变形或损坏 （3）胶料性能差，不耐油或胶料与油液相容性差 （4）制品质量差，尺寸不对，公差不符合要求	更换
	3. 活塞杆和沟槽加工质量差	（1）活塞杆表面粗糙，活塞杆头部倒角不符合要求或未倒角 （2）沟槽尺寸及精度不符合要求 1）设计图样有错误 2）沟槽尺寸加工不符合标准 3）沟槽精度差，毛刺多	（1）表面粗糙度应为 $R_a0.2\mu m$，并按要求倒角 （2） 1）按有关标准设计沟槽 2）检查尺寸，并修正到要求尺寸 3）修正并去毛刺
	4. 油的粘度过低	（1）用错了油品 （2）油液中渗有其他牌号的油液	更换适宜的油液

（续）

故障现象	原因分析		消除方法
（五）有外泄漏	5. 油温过高	（1）液压缸进油口阻力太大 （2）周围环境温度太高 （3）泵或冷却器等有故障	（1）检查进油口是否畅通 （2）采取隔热措施 （3）检查原因并排除
	6. 高频振动	（1）紧固螺钉松动 （2）管接头松动 （3）安装位置产生移动	（1）应定期紧固螺钉 （2）应定期紧固接头 （3）应定期紧固安装螺钉
	7. 活塞杆拉伤	（1）防尘圈老化、失效侵入砂粒切屑等脏物 （2）导向套与活塞杆之间的配合太紧，使活动表面产生过热，造成活塞杆表面铬层脱落而拉伤	（1）清洗更换防尘圈，修复活塞杆表面拉伤处 （2）检查清洗，用刮刀修刮导向套内径，达到配合间隙

7.4　压力阀常见故障及处理

7.4.1　溢流阀常见故障及处理(见表 22.13-16)

表 22.13-16　溢流阀常见故障及处理

故障现象	原因分析		消除方法
（一）调不上压力	1. 主阀故障	（1）主阀芯阻尼孔堵塞(装配时主阀芯未清洗干净,油液过脏) （2）主阀芯在开启位置卡死(如零件精度低,装配质量差,油液过脏) （3）主阀芯复位弹簧折断或弯曲，使主阀芯不能复位	（1）清洗阻尼孔使之畅通；过滤或更换油液 （2）拆开检修，重新装配；阀盖紧固螺钉拧紧力要均匀；过滤或更换油液 （3）更换弹簧
	2. 先导阀故障	（1）调压弹簧折断 （2）调压弹簧未装 （3）锥阀或钢球未装 （4）锥阀损坏	（1）更换弹簧 （2）补装 （3）补装 （4）更换
	3. 远控口电磁阀故障或远控口未加螺堵	（1）电磁阀未通电(常开) （2）滑阀卡死 （3）电磁铁线圈烧毁或铁心卡死 （4）电气线路故障	（1）检查电气线路接通电源 （2）检修、更换 （3）更换 （4）检修
	4. 装错	进出油口安装错误	纠正
	5. 液压泵故障	（1）滑动副之间间隙过大(如齿轮泵、柱塞泵) （2）叶片泵的多数叶片在转子槽内卡死 （3）叶片和转子方向装反	（1）修配间隙到适宜值 （2）清洗，修配间隙达到适宜值 （3）纠正方向

（续）

故障现象	原因分析		消除方法
（二）压力调不高	1. 主阀故障（若主阀为锥阀）	（1）主阀芯锥面封闭性差	（1）检查主阀芯锥面及与锥面结合的阀座
		1）主阀芯锥面磨损或不圆	1）更换并配研
		2）阀座锥面磨损或不圆	2）更换并配研
		3）锥面处有脏物粘住	3）清洗并配研
		4）主阀芯锥面与阀座锥面不同心	4）修配使之结合良好
		5）主阀芯工作有卡滞现象，阀芯不能与阀座严密结合	5）修配使之结合良好
		（2）主阀压盖处有泄漏（如密封垫损坏，装配不良，压盖螺钉有松动等）	（2）拆开检修，更换密封垫，重新装配，并确保螺钉拧紧力均匀
	2. 先导阀故障	（1）调压弹簧弯曲，或太弱，或长度过短	（1）更换弹簧
		（2）锥阀与阀座结合处封闭性差（如锥阀与阀座磨损，锥阀接触面不圆，接触面太宽进入脏物或被胶质粘住）	（2）检修更换清洗，使之达到要求
（三）压力突然升高	1. 主阀故障	主阀芯工作不灵敏，在关闭状态突然卡死（如零件加工精度低，装配质量差，油液过脏等）	检修，更换零件，过滤或更换油液
	2. 先导阀故障	（1）先导阀阀芯与阀座结合面突然粘住，脱不开	（1）清洗修配或更换油液
		（2）调压弹簧弯曲造成卡滞	（2）更换弹簧
（四）压力突然下降	1. 主阀故障	（1）主阀芯阻尼孔突然被堵死	（1）清洗，过滤或更换油液
		（2）主阀芯工作不灵敏，在关闭状态突然卡死（如零件加工精度低，装配质量差，油液过脏等）	（2）检修更换零件，过滤或更换油液
		（3）主阀盖处密封垫突然破损	（3）更换密封件
	2. 先导阀故障	（1）先导阀阀芯突然破裂	（1）更换阀芯
		（2）调压弹簧突然折断	（2）更换弹簧
	3. 远控口电磁阀故障	电磁铁突然断电，使溢流阀卸荷	检查电气故障并消除
（五）压力波动不稳定	1. 主阀故障	（1）主阀芯动作不灵活，有时有卡住现象	（1）检修更换零件，压盖螺钉拧紧力应均匀
		（2）主阀芯阻尼孔有时堵有时通	（2）拆开清洗，检查油质，更换油液
		（3）主阀芯锥面与阀座锥面接触不良，磨损不均匀	（3）修配或更换零件
		（4）阻尼孔径太大，造成阻尼作用差	（4）适当缩小阻尼孔径
		（5）滑阀变形或拉毛	（5）更换或修研滑阀
	2. 先导阀故障	（1）调压弹簧弯曲	（1）更换弹簧
		（2）锥阀与锥阀座接触不良，磨损不均匀	（2）修配或更换零件
		（3）调节压力的螺钉由于锁紧螺母松动而使压力变动	（3）调压后应把锁紧螺母锁紧
		（4）钢球与阀座密合不良	（4）检查钢球圆度，更换钢球，研磨阀座

（续）

故障现象	原因分析		消除方法
（六）振动与噪声	1. 主阀故障	主阀芯在工作时径向力不平衡，导致性能不稳定 1）阀体与主阀芯几何精度差，棱边有毛刺 2）阀体内粘附有污物，使配合间隙增大或不均匀	1）检查零件精度，对不符合要求的零件应更换，并把棱边毛刺去掉 2）检修更换零件
	2. 先导阀故障	（1）锥阀与阀座接触不良，圆周面的圆度不好，表面粗糙度数值大，造成调压弹簧受力不平衡，使锥阀振荡加剧，产生尖叫声 （2）调压弹簧轴心线与端面不够垂直，这样针阀会倾斜，造成接触不均匀 （3）调压弹簧在定位杆上偏向一侧 （4）装配时阀座装偏 （5）调压弹簧侧向弯曲	（1）把封油面圆度误差控制在0.005～0.01mm以内 （2）提高锥阀精度，表面粗糙度应达 R_a0.4μm （3）更换弹簧 （4）提高装配质量 （5）更换弹簧
	3. 系统存在空气	泵吸入空气或系统存在空气	排除空气
	4. 阀使用不当	通过流量超过允许值	在额定流量范围内使用
	5. 回油不畅	回油管路阻力过高或回油过滤器堵塞或回油管贴近油箱底面	适当增大管径，减少弯头，回油管口应离油箱底面二倍管径以上，更换滤芯
	6. 远控口管径选择不当	溢流阀远控口至电磁阀之间的管子通径不宜过大，过大会引起振动	一般管径取6mm较适宜
（七）泄漏严重	（1）锥阀或钢球与阀座的接触不良 （2）滑阀与阀体配合间隙过大 （3）管接头没拧紧 （4）密封破坏		（1）锥阀或钢球磨损时更换新的锥阀或钢球 （2）检查阀芯与阀体间隙 （3）拧紧连接螺钉 （4）检查更换密封

7.4.2　减压阀常见故障及处理（见表22.13-17）

表22.13-17　减压阀常见故障及处理

故障现象	原因分析		消除方法
（一）无二次压力	1. 主阀故障	主阀芯在全闭位置卡死（如零件精度低）；主阀弹簧折断，弯曲变形；阻尼孔堵塞	修理、更换零件和弹簧，过滤或更换油液
	2. 无油源	未向减压阀供油	检查油路消除故障
（二）不起减压作用	1. 使用错误	泄油口不通 1）螺塞未拧开 2）泄油管细长，弯头多，阻力太大 3）泄油管与主回油管道相连，回油背压太大 4）泄油通道堵塞、不通	1）将螺塞拧开 2）更换符合要求的管子 3）泄漏管必须与回油管道分开，单独流回油箱 4）清洗泄油通道

（续）

故障现象	原因分析		消除方法
（二）不起减压作用	2. 主阀故障	主阀芯在全开位置时卡死(如零件精度低，油液过脏等)	修理、更换零件，检查油质，更换油液
	3. 锥阀故障	调压弹簧太硬，弯曲并卡住不动或弹簧太软	更换弹簧
（三）二次压力不稳定	主阀故障	（1）主阀芯与阀体几何精度差，工作时不灵敏 （2）主阀弹簧太弱，变形或将主阀芯卡住，使阀芯移动困难 （3）阻尼小孔时堵时通	（1）检修，使其动作灵活 （2）更换弹簧 （3）清洗阻尼小孔
（四）二次压力升不高	1. 外泄漏	（1）顶盖结合面漏油，其原因如：密封件老化失效，螺钉松动或拧紧力矩不均 （2）各螺堵处有漏油	（1）更换密封件，紧固螺钉，并保证力矩均匀 （2）紧固并消除外漏
	2. 锥阀故障	（1）锥阀与阀座接触不良 （2）调压弹簧太弱	（1）修理或更换 （2）更换

7.4.3 顺序阀常见故障及处理(见表22.13-18)

表22.13-18 顺序阀常见故障及处理

故障现象	原因分析	消除方法
（一）始终出油，不起顺序阀作用	（1）阀芯在打开位置上卡死(如几何精度差,间隙太小;弹簧弯曲,断裂;油液太脏) （2）单向阀在打开位置上卡死(如几何精度差,间隙太小;弹簧弯曲、断裂;油液太脏) （3）单向阀密封不良(如几何精度差) （4）调压弹簧断裂 （5）调压弹簧漏装 （6）未装锥阀或钢球	（1）修理，使配合间隙达到要求，并使阀芯移动灵活；检查油质，若不符合要求应过滤或更换；更换弹簧 （2）修理，使配合间隙达到要求，并使单向阀芯移动灵活；检查油质，若不符合要求应过滤或更换；更换弹簧 （3）修理，使单向阀的密封良好 （4）更换弹簧 （5）补装弹簧 （6）补装
（二）始终不出油，不起顺序阀作用	（1）阀芯在关闭位置上卡死(如几何精度差;弹簧弯曲;油脏) （2）控制油液流动不畅通(如阻尼小孔堵死,或远控管道被压扁堵死) （3）远控压力不足，或下端盖结合处漏油严重 （4）通向调压阀油路上的阻尼孔被堵死 （5）泄油管道中背压太高，使滑阀不能移动 （6）调节弹簧太硬，或压力调得太高	（1）修理，使滑阀移动灵活；更换弹簧；过滤或更换油液 （2）清洗或更换管道，过滤或更换油液 （3）提高控制压力，拧紧端盖螺钉并使之受力均匀 （4）清洗 （5）泄油管道不能接在回油管道上，应单独接回油箱 （6）更换弹簧，适当调整压力
（三）调定压力值不符合要求	（1）调压弹簧调整不当 （2）调压弹簧侧向变形，最高压力调不上去 （3）滑阀卡死，移动困难	（1）重新调整所需要的压力 （2）更换弹簧 （3）检查滑阀的配合间隙，修配，使滑阀移动灵活；过滤或更换油液

（续）

故 障 现 象	原 因 分 析	消 除 方 法
（四）振动与噪声	（1）回油阻力（背压）太高 （2）油温过高	（1）降低回油阻力 （2）控制油温在规定范围内
（五）单向顺序阀反向不能回油	单向阀卡死打不开	检修单向阀

7.5　流量阀常见故障及处理（见表 22.13-19）

表 22.13-19　流量阀常见故障及处理

故障现象		原 因 分 析	消 除 方 法
（一）调整节流阀手柄无流量变化	1. 压力补偿阀不动作	压力补偿阀芯在关闭位置上卡死 1）阀芯与阀套几何精度差，间隙太小 2）弹簧侧向弯曲、变形而使阀芯卡住 3）弹簧太弱	1）检查精度，修配间隙达到要求 2）更换弹簧 3）更换弹簧
	2. 节流阀故障	（1）油液过脏，使节流口堵死 （2）手柄与节流阀芯装配位置不合适 （3）节流阀阀芯上连接键失落或未装键 （4）节流阀阀芯因配合间隙过小或变形而卡死 （5）调节杆螺纹被脏物堵住，造成调节不良	（1）检查油质，过滤油液 （2）检查原因，重新装配 （3）更换键或补装键 （4）清洗，修配间隙或更换零件 （5）拆开清洗
	3. 系统未供油	换向阀阀芯未换向	检查原因并消除
（二）执行元件运动速度不稳定（流量不稳定）	1. 压力补偿阀故障	（1）压力补偿阀阀芯工作不灵敏 1）阀芯有卡死现象 2）补偿阀的阻尼小孔时堵时通 3）弹簧侧向弯曲、变形，或弹簧端面与弹簧轴线不垂直 （2）压力补偿阀阀芯在全开位置上卡死 1）补偿阀阻尼小孔堵死 2）阀芯与阀套几何精度差，配合间隙过小 3）弹簧侧向弯曲、变形而使阀芯卡住	（1）检查压力补偿阀芯及相应阻尼孔、弹簧 1）修配，达到移动灵活 2）清洗阻尼孔，若油液过脏应更换 3）更换弹簧 （2）检查压力补偿阀芯及相应阻尼孔、弹簧 1）清洗阻尼孔，若油液过脏，应更换 2）修理达到移动灵活 3）更换弹簧
	2. 节流阀故障	（1）节流口处积有污物，造成时堵时通 （2）对于节流阀，外载荷变化会引起流量变化	（1）拆开清洗，检查油质，若油质不合格应更换 （2）对外载荷变化大的或要求执行元件运动速度非常平稳的系统，应改用调速阀
	3. 油液品质劣化	（1）油温过高，造成通过节流口流量变化 （2）带有温度补偿的流量控制阀的补偿杆敏感性差，已损坏 （3）油液过脏，堵死节流口或阻尼孔	（1）检查温升原因，降低油温，并控制在要求范围内 （2）选用对温度敏感性强的材料做补偿杆，坏的应更换 （3）清洗，检查油质，不合格的应更换

（续）

<table>
<tr><th>故障现象</th><th colspan="2">原 因 分 析</th><th>消 除 方 法</th></tr>
<tr><td rowspan="3">（二）执行元件运动速度不稳定（流量不稳定）</td><td>4. 单向阀故障</td><td>在带单向阀的流量控制阀中，单向阀的密封性不好</td><td>研磨单向阀，提高密封性</td></tr>
<tr><td>5. 管路振动</td><td>（1）系统中有空气
（2）由于管路振动使调定的位置发生变化</td><td>（1）应将空气排净
（2）调整后用锁紧装置锁住</td></tr>
<tr><td>6. 泄漏</td><td>内泄和外泄使流量不稳定，造成执行元件工作速度不均匀</td><td>消除泄漏，或更换元件</td></tr>
</table>

7.6　方向阀常见故障及处理

7.6.1　电（液、磁）换向阀常见故障及处理（见表22.13-20）

表22.13-20　电（液、磁）换向阀常见故障及处理

<table>
<tr><th>故障现象</th><th colspan="2">原 因 分 析</th><th>消 除 方 法</th></tr>
<tr><td rowspan="7">（一）主阀芯不运动</td><td>1. 电磁铁故障</td><td>（1）电磁铁线圈烧坏
（2）电磁铁推动力不足或漏磁
（3）电气线路出故障
（4）电磁铁未加上控制信号
（5）电磁铁铁心卡死</td><td>（1）检查原因，进行修理或更换
（2）检查原因，进行修理或更换
（3）消除故障
（4）检查后加上控制信号
（5）检查或更换</td></tr>
<tr><td>2. 先导电磁阀故障</td><td>（1）阀芯与阀体孔卡死（如零件几何精度差；阀芯与阀孔配合过紧；油液过脏）
（2）弹簧侧弯，使滑阀卡死</td><td>（1）修理配合间隙达到要求，使阀芯移动灵活；过滤或更换油液
（2）更换弹簧</td></tr>
<tr><td>3. 主阀芯卡死</td><td>（1）阀芯与阀体几何精度差
（2）阀芯与阀孔配合太紧
（3）阀芯表面有毛刺</td><td>（1）修理配研间隙达到要求
（2）修理配研间隙达到要求
（3）去毛刺，冲洗干净</td></tr>
<tr><td>4. 液控油路故障</td><td>（1）控制油路无油
1）控制油路电磁阀未换向
2）控制油路被堵塞
（2）控制油路压力不足
1）阀端盖处漏油
2）滑阀排油腔一端节流阀调节得过小或被堵死</td><td>（1）
1）检查原因并消除
2）检查清洗，并使控制油路畅通
（2）
1）拧紧端盖螺钉
2）清洗节流阀并调整适宜</td></tr>
<tr><td>5. 油液变质或油温过高</td><td>（1）油液过脏使阀芯卡死
（2）油温过高，使零件产生热变形，而产生卡死现象
（3）油温过高，油液中产生胶质，粘住阀芯而卡死
（4）油液粘度太高，使阀芯移动困难而卡住</td><td>（1）过滤或更换
（2）检查油温过高原因并消除
（3）清洗，消除油温过高
（4）更换适宜的油液</td></tr>
<tr><td>6. 安装不良</td><td>阀体变形
1）安装螺钉拧紧力矩不均匀
2）阀体上连接的管子“别劲”</td><td>1）重新紧固螺钉，并使之受力均匀
2）重新安装</td></tr>
<tr><td>7. 复位弹簧不符合要求</td><td>（1）弹簧力过大
（2）弹簧侧弯变形，致使阀芯卡死
（3）弹簧断裂不能复位</td><td>更换适宜的弹簧</td></tr>
</table>

（续）

故障现象	原 因 分 析		消 除 方 法
（二）阀芯换向后通过的流量不足	阀开口量不足	（1）电磁阀中推杆过短 （2）阀芯与阀体几何精度差，间隙过小，移动时有卡死现象，故不到位 （3）弹簧太弱，推力不足，使阀芯行程不到位	（1）更换适宜长度的推杆 （2）配研达到要求 （3）更换适宜的弹簧
（三）压力降过大	阀参数选择不当	实际通过流量大于额定流量	应在额定范围内使用
（四）液控换向阀阀芯换向速度不易调节	可调装置故障	（1）单向阀封闭性差 （2）节流阀加工精度差，不能调节最小流量 （3）排油腔阀盖处漏油 （4）针形节流阀调节性能差	（1）修理或更换 （2）修理或更换 （3）更换密封件，拧紧螺钉 （4）改用三角槽节流阀
（五）电磁铁过热或线圈烧坏	1. 电磁铁故障	（1）线圈绝缘不好 （2）电磁铁铁心不合适，吸不住 （3）电压太低或不稳定	（1）更换 （2）更换 （3）电压的变化值应在额定电压的10%以内
	2. 负载变化	（1）换向压力超过规定 （2）换向流量超过规定 （3）回油口背压过高	（1）降低压力 （2）更换规格合适的电液换向阀 （3）调整背压使其在规定值内
	3. 装配不良	电磁铁铁心与阀芯轴线同轴度不良	重新装配，保证有良好的同轴度
（六）电磁铁吸力不够	装配不良	（1）推杆过长 （2）电磁铁铁心接触面不平或接触不良 （3）滑阀卡住或摩擦力过大 （4）电磁铁不能压到底	（1）修磨推杆到适宜长度 （2）消除故障，重新装配达到要求 （3）修研或调配滑阀 （4）校正电磁铁高度
（七）冲击与振动	1. 换向冲击	（1）大通径电磁换向阀，因电磁铁规格大，吸合速度快而产生冲击 （2）液动换向阀，因控制流量过大，阀芯移动速度太快而产生冲击 （3）单向节流阀中的单向阀钢球漏装或钢球破碎，不起阻尼作用	（1）需要采用大通径换向阀时，应优先选用电液动换向阀 （2）调小节流阀节流口减慢阀芯移动速度 （3）检修单向节流阀
	2. 振动	固定电磁铁的螺钉松动	紧固螺钉，并加防松垫圈

7.6.2　多路换向阀常见故障及处理(见表 22.13-21)

表 22.13-21　多路换向阀常见故障及处理

故 障 现 象	原 因 分 析	消 除 方 法
（一）压力波动及噪声	溢流阀弹簧侧弯或太软 溢流阀阻尼孔堵塞 单向阀关闭不严 锥阀与阀座接触不良	更换弹簧 清洗，使通道畅通 修理或更换 调整或更换

（续）

故 障 现 象	原 因 分 析	消 除 方 法
（二）阀杆动作不灵活	复位弹簧和限位弹簧损坏 轴用弹性挡圈损坏 防尘密封圈过紧	更换损坏的弹簧 更换弹性挡圈 更换防尘密封圈
（三）泄漏	锥阀与阀座接触不良 双头螺钉未紧固	调整或更换 按规定紧固

7.6.3　液控单向阀常见故障及处理(见表22.13-22)

表22.13-22　液控单向阀常见故障及处理

故障现象	原 因 分 析		消 除 方 法
（一）反方向不密封有泄漏	单向阀不密封	（1）单向阀在全开位置上卡死 1）阀芯与阀孔配合过紧 2）弹簧侧弯、变形、太弱 （2）单向阀锥面与阀座锥面接触不均匀 1）阀芯锥面与阀座同轴度差 2）阀芯外径与锥面不同心 3）阀座外径与锥面不同心 4）油液过脏	（1） 1）修配，使阀芯移动灵活 2）更换弹簧 （2） 1）检修或更换 2）检修或更换 3）检修或更换 4）过滤油液或更换
（二）反向打不开	单向阀打不开	（1）控制压力过低 （2）控制管路接头漏油严重或管路弯曲，被压扁使油不畅通 （3）控制阀芯卡死(如加工精度低,油液过脏) （4）控制阀端盖处漏油 （5）单向阀卡死(如弹簧弯曲;单向阀加工精度低;油液过脏)	（1）提高控制压力，使之达到要求值 （2）紧固接头，消除漏油或更换管子 （3）清洗，修配，使阀芯移动灵活 （4）紧固端盖螺钉，并保证拧紧力矩均匀 （5）清洗，修配，使阀芯移动灵活；更换弹簧；过滤或更换油液

7.7　液压辅件常见故障与处理

7.7.1　压力继电器(压力开关)常见故障及处理(见表22.13-23)

表22.13-23　压力继电器(压力开关)常见故障及处理

故 障 现 象	原 因 分 析	消 除 方 法
（一）无输出信号	（1）微动开关损坏 （2）电气线路故障 （3）阀芯卡死或阻尼孔堵死 （4）进油管道弯曲、变形，使油液流动不畅通 （5）调节弹簧太硬或压力调得过高 （6）与微动开关相接的触头未调整好 （7）弹簧和顶杆装配不良，有卡滞现象	（1）更换微动开关 （2）检查原因，排除故障 （3）清洗，修配，达到要求 （4）更换管子，使油液流动畅通 （5）更换适宜的弹簧或按要求调节压力值 （6）精心调整，使触头接触良好 （7）重新装配，使动作灵敏

（续）

故障现象	原因分析	消除方法
（二）灵敏度太差	（1）顶杆柱销处摩擦力过大，或钢球与柱塞接触处摩擦力过大 （2）装配不良，动作不灵活或“别劲” （3）微动开关接触行程太长 （4）调整螺钉、顶杆等调节不当 （5）钢球不圆 （6）阀芯移动不灵活 （7）安装不当，如不平和倾斜安装	（1）重新装配，使动作灵敏 （2）重新装配，使动作灵敏 （3）合理调整位置 （4）合理调整螺钉和顶杆位置 （5）更换钢球 （6）清洗、修理，达到灵活 （7）改为垂直或水平安装
（三）发信号太快	（1）进油口阻尼孔大 （2）膜片碎裂 （3）系统冲击压力太大 （4）电气系统设计有误	（1）阻尼孔适当改小，或在控制管路上增设阻尼管(蛇形管) （2）更换膜片 （3）在控制管路上增设阻尼管，以减弱冲击压力 （4）按工艺要求设计电气系统

7.7.2　过滤器常见故障与处理(见表 22.13-24)

表 22.13-24　过滤器常见故障与处理

故障现象	原因分析	消除方法
（一）滤芯破坏变形	（1）滤芯堵塞后未得到清洗 （2）选型不当 （3）在带有高压蓄能器的系统中，蓄能器油液反灌冲坏过滤器	（1）清洗滤芯 （2）选用耐压、流量合适的过滤器 （3）对系统设计采取防止措施
（二）堵塞发信器不发信	过滤器滤芯堵塞之后，过滤器的堵塞发信装置不发信	检查发信器的活塞是否卡死 检查发信器的弹簧是否刚度过大
（三）带旁通阀的过滤器不起过滤作用	（1）旁通阀弹簧折断、漏装 （2）阀芯卡死	（1）更换或补装弹簧 （2）清洗阀芯及阀体

8　液压控制系统的安装、调试和故障处理要点

8.1　液压控制系统的安装、调试

液压控制系统与液压传动系统的区别在于前者要求其液压执行机构的运动能够高精度地跟踪随机控制信号的变化。液压控制系统多为闭环控制系统，因而就有稳定性、快速性和准确性的要求。为此，需要有机械-液压-电气一体化的电液伺服阀、伺服放大器、传感器，高清洁度的油源和相应的管路布置。液压控制系统的安装、调试要点如下：

1）油箱内壁材料或涂料不应成为油液的污染源，液压控制系统的油箱材料最好采用不锈钢。

2）采用高精度的过滤器，根据电液伺服阀对过滤精度的要求，一般为 3～10μm。

3）油箱及管路系统经过一般性的酸洗等处理过程后，注入低粘度的液压油或透平油，进行无负荷循环冲洗。循环冲洗须注意以下几点：①冲洗前安装伺服阀的位置应用短路通道板代替；②冲洗过程中过滤器阻塞较快，应及时检查和更换；③冲洗过程中定时提取油样，用污染测定仪器进行污染测定并记录，直至冲洗合格为止；④冲洗合格后放出全部清洗油，通过精密过滤器向油箱注入合格的液压油。

4）为了保证液压控制系统在运行过程中有更好的净化功能，最好增设低压自循环清洗回路。

5）电液伺服阀的安装位置尽可能靠近液压执行元件，伺服阀与执行元件之间尽可能少用软管．这些

都是为了提高系统的频率响应。

6）电液伺服阀是机械、液压和电气一体化的精密产品，安装、调试前必须具备有关的基本知识，特别是要详细阅读、理解产品样本和说明书。注意以下几点：①安装的伺服阀的型号与设计要求是否相符，出厂时的伺服阀动、静态性能测试资料是否完整；②伺服放大器的型号和技术数据是否符合设计要求，其可调节的参数要与所使用的伺服阀匹配；③检查电液伺服阀的控制线圈连接方式，串联、并联或差动连接方式，哪一种符合设计要求；④反馈传感器(如位移、力、速度等传感器)的型号和连接方式是否符合设计需要，特别要注意传感器的精度，它直接影响系统的控制精度；⑤检查油源压力和稳定性是否符合设计要求，如果系统有蓄能器，需检查充气压力。

7）液压控制系统采用的液压缸应是低摩擦力液压缸，安装前应测定其最低启动压力，作为日后检查液压缸的根据。

8）液压控制系统正式运行前应仔细排除气体，否则对系统的稳定性和刚度都有较大的影响。

9）液压控制系统正式使用前应进行系统调试，可按以下几点进行：①零位调整，包括伺服阀的调零及伺服放大器的调零，为了调整系统零位，有时加入偏置电压；②系统静态测试，测定被控参数与指令信号的静态关系，调整合理的放大倍数，通常放大倍数越大静态误差越小，控制精度越高，但容易造成系统不稳定；③系统的动态测试，采用动态测试仪器，通常需测出系统稳定性、频率响应及误差，确定是否能满足设计要求。系统动、静态测试记录可作为日后系统运行状况评估的根据。

10）液压控制系统投入运行后应定期检查以下记录数据：油温，油压，油液污染程度；运行稳定情况，执行机构的零偏情况，执行元件对信号的跟踪情况。

8.2　液压控制系统的故障分析

为了迅速准确判断和找出故障器件，液压和电气工程师必须良好配合，为了对系统进行正确的分析，除了要熟悉每个器件的技术特性外，还必须具备能够分析有关工作循环图、液压原理图和电器接线图的能力。由于液压系统的多样性，因此没有什么能快速准确地查找并排除故障的通用诀窍。表22.13-25提供了排除故障的要点(但不包括设计不良的控制系统)对查找及排除故障提供帮助。

表22.13-25　液压控制系统故障分析

1. 开环控制

问　　题	故　　障	原　　因
	机械/液压部分	电气/电子部分
轴向运动不稳定 压力或流量波动	液压泵故障 管道中有空气 液体清洁度不合格 两级阀先导控制油压不足 液压缸密封摩擦力过大引起忽停忽动 液压马达速度低于最低许用速度	电功率不足 信号接地屏蔽不良，产生电干扰 电磁铁通断电引起电或电磁干扰
执行机构动作超限	软管弹性过大 遥控单向阀不能及时关闭 执行机构内空气未排尽 执行机构内部漏油	偏流设定值太高 斜坡时间太长 限位开关超限 电气切换时间太长
停顿或不可控制的轴向运动	液压泵故障 控制阀卡死(由于污脏) 手动阀及调整装置不在正确位置	接线错误 控制回路开路 信号装置整定不当或损坏、断电或无输入信号 传感器机构校准不良
执行机构运行太慢	液压泵内部漏油 流量控制阀整定太低	输入信号不正确，增益值调整不正确

（续）

1. 开环控制

问　　题	故　　障	原　　因
	机械/液压部分	电气/电子部分
输出的力和力矩不够	供油及回袖管道阻力过大 控制阀设定压力值太低 控制阀两端压降过大 泵和阀由于磨损而内部漏油	输入信号不正确，增益值调整不正确
工作时系统内有撞击	阀切换时间太短 节流口或阻尼损坏 蓄能系统前未加节流 机构重量或驱动力过大	斜坡时间太短
工作温度太高	管道截面不够 连续的大量溢流消耗 压力设定值太高 冷却系统不工作 工作中断期间无压力卸荷	
噪声过大	过滤器堵塞 液压油起泡沫 泵或电动机安装松动 吸油管阻力过大 控制阀振动 阀电磁铁腔内有空气	高频脉冲调整不正确
控制信号输入系统后执行元件不动作	系统油压不正常，液压泵、溢流阀和执行元件是否有卡锁现象	放大器的输入、输出电信号不正常，电液阀的电信号有输入和有变化时，液压输出也正常，可判定电液阀不正常。阀故障一般应由生产厂家处理
控制信号输入系统后执行元件向某一方向运动到底		传感器未接入系统 传感器的输出信号与放大器误接
执行元件零位不准确	阀调零不正常	阀的调零偏置信号调节不当 阀的颤振信号调节不当
执行元件出现振荡	系统油压太高	放大器的放大倍数调得过高 传感器的输出信号不正常
执行元件跟不上输入信号的变化	系统油压太低 执行元件和运动机构之间游隙太大	放大器的放大倍数调得过低
执行机构出现爬行现象	油路中气体没有排尽 运动部件静摩擦力过大 油源压力不够	

（续）

2. 闭环控制-静态工况			
低频振荡	设定值 实际值 1 s 力，速度，位移 t	液压功率不足 先导控制压力不足 阀因磨损或污脏有故障	比例增益设定值太低 积分增益设定值太低 采样时间太长
高频振荡	设定值 实际值 <0.1 s 力,速度,位移 t	液体起泡沫 阀因磨损或污脏有故障 阀两端 Δp 太高 阀电磁铁室内有空气	比例增益设定值太高 电干扰
短时间内出现一个或两个方向的高峰(随机性的)	设定值 实际值 <0.05 s 力,速度,位移 t	机械连接不牢固 阀电磁铁室内有空气 阀因磨损或污脏有故障	偏流不正确 电磁干扰
自激放大振荡	设定值 实际值 力,速度,位移 t	液压软管弹性过大 机械非刚性连接 阀两端 Δp 过大 液压阀增益过大	比例增益值太高 积分增益值太高
3. 闭环控制-动态工况：阶跃响应			
一个方向的超调	设定值 实际值 力,速度,位移 t	阀两端 Δp 过高	微分增益值太低 插入了斜坡时间
两个方向的超调	设定值 实际值 力,速度,位移 t	机械连接不牢固 软管弹性过大 控制阀安装的离驱动机构太远	比例增益设定值太高 积分增益设定值太低
逼近设定值的时间长	设定值 实际值 力,速度,位移 t	控制阀压力灵敏度过低	比例增益设定值太低 偏流不正确
驱动达不到设定值	设定值 实际值 力,速度,位移 t	压力或流量不足	积分增益设定值太高 增益及偏流不正确 比例及微分增益设定值太低
不稳定控制	设定值 实际值 力,速度,位移 t	反馈传感器接线时断时续 软管弹性过大 阀电磁铁室内有空气	比例增益设定值太高 积分增益设定值太低 电噪声

（续）

3. 闭环控制-动态工况：阶跃响应			
抑制控制	设定值 实际值 力,速度,位移 t	反馈传感器机械方面未校准 液压功率不足	电功率不足 没有输入信号或反馈信号接线错误
重复精度低及滞后时间长	设定值 实际值 力,速度,位移 t	反馈传感器接线时断时续	比例增益设定值太高 积分增益设定值太低
4. 闭环控制-动态工况：频率响应			
幅值降低	设定值 实际值 力,速度,位移 t	压力及流量不足	比例增益设定值太低 增益值设定太低
波形放大	设定值 实际值 力,速度,位移 t	软管弹性过大 控制阀离驱动机构太远	增益值调整不正确
时间滞后	设定值 实际值 力,速度,位移 t	压力和流量不足	插入了斜坡时间 微分增益设定值太低
振动型的控制	设定值 实际值 力,速度,位移 t	阀电磁铁室内有空气	比例增益设定值太高 电干扰 微分增益设定值太高

参 考 文 献

[1]　徐灏．机械设计手册：第5卷[M]．北京：机械工业出版社，1992.

[2]　徐灏．新编机械设计师手册：下册[M]．北京：机械工业出版社，1995.

[3]　蔡春源．机电液设计手册：中册[M]．北京：机械工业出版社，沈阳：东北大学出版社，1997.

[4]　宋学义．袖珍液压气动手册[M]．北京：机械工业出版社，1995.

[5]　雷天觉．新编液压工程手册[M]．北京：北京理工大学出版社，1998.

[6]　上海煤矿机械研究所．液压传动手册[M]．上海：上海人民出版社，1997.

[7]　日本油空压学会．液压气动手册[M]．北京：机械工业出版社，1984.

[8]　周士昌．工程流体力学[M]．沈阳：东北大学出版社，1995.

[9]　路甬祥，胡大纮．电液比例控制技术[M]．北京：机械工业出版社，1988.

[10]　齐文杰，等．液压设备故障诊断分析[M]．北京：机械工业出版社，1990.

[11]　史纪宝，嵇光国．液压系统故障诊断与维修技术[M]．北京：机械工业出版社，1990.

[12]　江泽欣，田振．液压传动系统的故障与修理

［M］. 北京：电子工业出版社，1989.
［13］ 曹鑫铭 . 液压伺服控制系统［M］. 北京：冶金工业出版社，1992.
［14］ 周恩涛 . 液压系统设计元器件选型手册［M］. 北京：机械工业出版社，2007.
［15］ 宋锦春 . 液压与气压传动［M］. 北京：科学出版社，2006.
［16］ 成大先 . 机械设计手册［M］. 5 版. 北京：化学工业出版社，2008.
［17］ 张利平 . 液压传动系统及设计［M］. 北京：化学工业出版社，2005.
［18］ 陈启松 . 液压传动与控制手册［M］. 上海：上海科学技术出版社，2006.
［19］ 机械设计手册编委会 . 机械设计手册［M］. 4 版. 北京：机械工业出版社，2004.

第 23 篇　气压传动与控制

主　　编　宋锦春

副 主 编　曹鑫铭　张志伟　陈建文

参编人员　宋锦春　曹鑫铭　张志伟　从恒斌
陈建文　王炳德　张福波　王　艳
周　娜　赵丽丽

审稿人员　张义民　张志伟　陈建文

第 4 版

气压传动与控制

主　　编　周士昌
副 主 编　曹鑫铭　张志伟
参编人员　宋锦春　曹鑫铭　郑洪生　张志伟
张国兴　王　艳　张福波

第 1 章　常用气动基础标准

1　国内气动标准目录(见表 23. 1-1)

表 23. 1-1　国内气动标准目录

类　别	标 准 编 号	标 准 名 称
国家标准	GB/T 786. 1—2009 eqv ISO 1219-1：2006	流体传动系统及元件图形符号　第 1 部分：用于常规用途和数据处理的图形符号
	GB/T 2346—2003 MOD ISO 2944：2000	流体传动系统及元件　公称压力系列
	GB/T 2348—1993 neq ISO 3320：1987	液压气动系统及元件　缸内径及活塞杆外径
	GB/T 2349—1980 eqv ISO 4393：1978	液压气动系统及元件　缸活塞行程系列
	GB/T 2350—1980 eqv ISO 4395：1978	液压气动系统及元件　活塞杆螺纹型式和尺寸系列
	GB/T 2351—2005 eqv ISO 4397：1993	液压气动系统用硬管外径和软管内径
	GB/T 3452. 1—2005 MOD neq ISO 3601-1：2002	液压气动用 O 形橡胶密封圈尺寸系列及公差
	GB/T 3452. 3—2005	液压气动用 O 形橡胶密封圈　沟槽尺寸
	GB/T 7932—2003 IDT ISO 4414：1998	气动系统　通用技术条件
	GB/T 7940. 1—2008 idt ISO 5599-1：2001	气动五气口气动方向控制阀　第一部分：不带电气接头的安装面
	GB/T 7940. 2—2008 idt ISO 5599-2：2001	气动五气口气动方向控阀　第二部分：带可选电气接头的安装面
	GB/T 7940. 3—2001 idt ISO 5599-3：1990	气动五气口气动方向控制阀　第三部分：功能识别编码体系
	GB/T 8102—2008 neq ISO 6432：1985 IDT	缸内径 8 ~25mm 的单杆气缸安装尺寸
	GB/T 9094—2006 eqv ISO 6099：2001	液压缸气缸安装尺寸和安装型式代号
	GB/T 14038—2008 IDT ISO 16030：2001/Amd. 1：2005	气动连接　气口和螺柱端
	GB/T 14513—1993(2001) neq ISO/DIS 6358(1989)	气动元件流量特性的测定
	GB/T 14514. 1—1993(2001) neq JIS 8381-85	气动管接头试验方法

（续）

类　别	标 准 编 号	标 准 名 称
国家标准	GB/T 22076—2008(2001) neq ISO 6150：1988	气动快换接头试验方法
	GB/T 17446—1998 idt ISO 5598：1985	流体传动系统及元件　术语
机械行业标准	JB/T 5923—1997 neq JIS B8377—1991	气动　气缸技术条件
	JB/T 5967—2007	气动元件及系统用空气介质质量等级
	JB/T 6377—1992(2001)	气动气口连接螺纹型式和尺寸
	JB/T 6378—1992(2008)	气动换向阀技术条件
	JB/T 6379—2007 参照 ISO 15552—2004	缸内径 32～320mm 的可拆式单杆气缸安装尺寸
	JB/T 6656—1993(2001)	气缸用密封圈安装沟槽型式、尺寸和公差
	JB/T 6657—1993(2001)	气缸用密封圈尺寸系列和公差
	JB/T 6658—2007	气动用 O 形橡胶密封圈沟槽尺寸和公差
	JB/T 6659—2007	气动用 O 形橡胶密封圈尺寸系列和公差
	JB/T 6660—1993(2001)	气动用橡胶密封圈通用技术条件
	JB/T 7056—2008	气动管接头通用技术条件
	JB/T 7057—2008	调速式气动管接头技术条件
	JB/T 7058—1993(2001)	快换式气动管接头技术条件
	JB/T 7373—2008	齿轮齿条摆动气缸
	JB/T 7374—1994	气动空气过滤器技术条件
	JB/T 7375—1994	气动油雾器技术条件
	JB/T 7377—2007	缸内径 32～250mm 整体式单杆气缸安装尺寸

注：1. 括号中为该项标准复审确认年代号。
2. 采标情况：idt 或 IDT 表示等同采用；eqv 或 MOD 表示等效或修改采用；neq 表示非等同采用。

2　气动元件图形符号应用实例(见表 23.1-2)

表 23.1-2　气动元件图形符号应用实例

2.1　阀

2.1.1　控制机构

	图　　形	描　　述
1.		带有分离把手和定位销的控制机构
2.		具有可调行程限制装置的柱塞
3.		带有定位装置的推或拉控制机构
4.		手动锁定控制机构
5.	5	具有 5 个锁定位置的调节控制机构
6.		单方向行程操纵的滚轮手柄
7.		用步进电动机的控制机构
8.		气压复位，从阀进气口提供内部压力

（续）

	图　形	描　述
9.		气压复位，从先导口提供内部压力 注：为更易理解，图中标识出外部先导线
10.		气压复位，外部压力源
11.		单作用电磁铁，动作指向阀芯
12.		单作用电磁铁，动作背离阀芯
13.		双作用电气控制机构，动作指向或背离阀芯
14.		单作用电磁铁，动作指向阀芯，连续控制
15.		单作用电磁铁，动作背离阀芯，连续控制
16.		双作用电气控制机构，动作指向或背离阀芯，连续控制
17.		电气操纵的气动先导控制机构

2.1.2　方向控制阀

	图　形	描　述
1.		二位二通方向控制阀，两通，两位，推压控制机构，弹簧复位，常闭
2.		二位二通方向控制阀，两通，两位，电磁铁操纵，弹簧复位，常开
3.		二位四通方向控制阀，电磁铁操纵，弹簧复位
4.		气动软启动阀，电磁铁操纵内部先导控制
5.		延时控制气动阀，其入口接入一个系统，使得气体低速流入直至达到预设压力才使阀口全开
6.		二位三通锁定阀
7.		二位三通方向控制阀，滚轮杠杆控制，弹簧复位
8.		二位三通方向控制阀，电磁铁操纵，弹簧复位，常闭
9.		二位三通方向控制阀，单作业电磁铁操纵，弹簧复位，定位销式手动定位
10.		带气动输出信号的脉冲计数器
11.		二位三通方向控制阀，差动先导控制
12.		二位四通方向控制阀，单作用电磁铁操纵，弹簧复位，定位销式手动定位
13.		二位四通方向控制阀，双作用电磁铁操纵，定位销式（脉冲阀）
14.		二位三通方向控制阀，气动先导式控制和扭力杆，弹簧复位
15.		三位四通方向控制阀，弹簧对中，双作用电磁铁直接操纵，不同中位机能的类别
16.		二位五通方向控制阀，踏板控制
17.		二位五通气动方向控制阀，先导式压电控制，气压复位
18.		三位五通方向控制阀，手动拉杆控制，位置锁定
19.		二位五通气动方向控制阀，单作用电磁铁，外部先导供气，手动操纵，弹簧复位

（续）

	图 形	描 述
20.		二位五通气动方向控制阀，电磁铁先导控制，外部先导供气，气压复位，手动辅助控制。 气压复位供压具有如下可能： 从阀进气口提供内部压力； 从先导口提供内部压力； 外部压力源
21.		不同中位流路的三位五通气动方向控制阀，两侧电磁铁与内部先导控制和手动操纵控制。弹簧复位至中位
22.		二位五通直动式气动方向控制阀，机械弹簧与气压复位
23.		三位五通直动式气动方向控制阀，弹簧对中，中位时两出口都排气
2.1.3 压力控制阀		
1.		弹簧调节开启压力的直动式溢流阀
2.		外部控制的顺序阀
3.		内部流向可逆调压阀
4.		调压阀，远程先导可调，溢流，只能向前流动
5.		用来保护两条供给管道的防气蚀溢流阀
6.		双压阀（“与”逻辑），并且仅当两进气口有压力时才会有信号输出，较弱的信号从出口输出

2.1.4 流量控制阀

	图 形	描 述
1.		流量控制阀，流量可调
2.		带单向阀的流量控制阀，流量可调
3.		滚轮柱塞操纵的弹簧复位式流量控制阀

2.1.5 单向阀和梭阀

	图 形	描 述
1.		单向阀，只能在一个方向自由流动
2.		带有复位弹簧的单向阀，只能在一个方向自由流动，常闭
3.		带有复位弹簧的先导式单向阀，先导压力允许在两个方向自由流动
4.		双单向阀，先导式
5.		梭阀（“或”逻辑），压力高的入口自动与出口接通
6.		快速排气阀

2.1.6 比例方向控制阀

	图 形	描 述
1.		直动式比例方向控制阀

2.1.7 比例压力控制阀

	图 形	描 述
1.		直控式比例溢流阀，通过电磁铁控制弹簧工作长度来控制液压电磁换向座阀

（续）

	图　　形	描　　述
2.		直控式比例溢流阀，电磁力直接作用在阀芯上，集成电子器件
3.		直控式比例溢流阀，带电磁铁位置闭环控制，集成电子器件
2.1.8　比例流量控制阀		
1.		直控式比例流量控制阀
2.		带电磁铁位置闭环控制和电子器件的直控式比例流量控制阀
2.2　空气压缩机和马达		
1.		摆动气缸或摆动马达，限制摆动角度，双向摆动
2.		单作用的半摆动气缸或摆动马达
3.		马达
4.		空气压缩机
5.		变方向定流量双向摆动马达
6.		真空泵
7.		连续增压器，将气体压力 p_1 转换为较高的液体压力 p_2
2.3　缸		
1.		单作用单杆缸，靠弹簧力返回行程，弹簧腔室有连接口
2.		双作用单杆缸
3.		双作用双杆缸，活塞杆直径不同，双侧缓冲，右侧带调节
4.		带行程限制器的双作用膜片缸
5.		活塞杆终端带缓冲的膜片缸，不能连接的通气孔
6.		双作用带状无杆缸，活塞两端带终点位置缓冲
7.		双作用缆索式无杆缸，活塞两端带可调节终点位置缓冲
8.		双作用磁性无杆缸，仅右手终端位置切换
9.		行程两端定位的双作用缸
10.		双杆双作用缸，左终点带内部限位开关，内部机械控制，右终点有外部限位开关，由活塞杆触发
11.		双作用缸，加压锁定与解锁活塞杆机构
12.		单作用压力介质转换器，将气体压力转换为等值的液体压力，反之亦然
13.		单作用增压器，将气体压力 p_1 转换为更高的液体压力 p_2
14.		波纹管缸
15.		软管缸
16.		半回转线性驱动，永磁活塞双作用缸
17.		永磁活塞双作用夹具
18.		永磁活塞双作用夹具
19.		永磁活塞单作用夹具

（续）

	图　形	描　述
20.		永磁活塞单作用夹具
2.4　附件		
2.4.1　电气装置		
1.		压电控制机构
2.4.2　过滤器和分离器		
1.		自动排水聚结式过滤器
2.		带手动排水和阻塞指示器的聚结式过滤器
3.		双相分离器
4.		真空分离器
5.		静电分离器
6.		不带压力表的手动排水过滤器，手动调节，无溢流
7.	a) b)	气源处理装置，包括手动排水过滤器、手动调节式溢流调压阀、压力表和油雾器。 图 a 为详细示意图，图 b 为简化图
8.		手动排水流体分离器
9.		带手动排水分离器的过滤器
10.		自动排水流体分离器
11.		吸附式过滤器
12.		油雾分离器
13.		空气干燥器
14.		油雾器
15.		手动排水式油雾器
16.		手动排水式重新分离器
2.4.3　蓄能器(压力容器,气瓶)		
1.		气罐
2.4.4　真空发生器		
1.		真空发生器
2.		带集成单向阀的单级真空发生器
3.		带集成单向阀的三级真空发生器
4.		带放气阀的单级真空发生器
2.4.5　吸盘		
1.		吸盘
2.		带弹簧压紧式推杆和单向阀的吸盘

3　常用气动相关标准

3.1　流体传动系统及元件公称压力系列(摘自 GB/T 2346—2003)(见表 23.1-3)

表 23.1-3　流体传动系统及元件公称压力系列

kPa	MPa	(以 bar 为单位的等量值)	kPa	MPa	(以 bar 为单位的等量值)
1		(0.01)		2.5	(25)
1.6		(0.016)		[3.15]	[(31.5)]
2.5		(0.025)		4	(40)
4		(0.04)		[5]	(50)
6.3		(0.063)		6.3	(63)
10		(0.1)		[8]	[(80)]
16		(0.16)		10	(100)
25		(0.25)		12.5	(125)
40		(0.4)		16	(160)
63		(0.63)		20	(200)
100		(1)		25	(250)
[125]		[(1.25)]		31.5	(315)
160		(1.6)		[35]	[(350)]
[200]		[(2)]		40	(400)
250		(2.5)		[45]	[(450)]
[315]		[(3.15)]		50	(500)
400		(4)		63	(630)
[500]		[(5)]		80	(800)
630		(6.3)		100	(1000)
[800]		[(8)]		125	(1250)
1000	1	(10)		160	(1600)
	[1.25]	[(12.5)]		200	(2000)
	1.6	(16)		250	(2500)
	[2]	(20)			

注：方括号中的值是非优先选用的。

3.2　液压气动系统及元件　气缸内径及活塞杆外径

3.2.1　液压缸、气缸内径尺寸系列(摘自 GB/T 2348—1993)(见表 23.1-4)

表 23.1-4　液压缸、气缸内径尺寸系列

(mm)

8	20	50	100	160	250	400
10	25	63	(110)	(180)	(280)	(450)
12	32	80	125	200	320	500
16	40	(90)	(140)	(220)	(360)	

3.2.2　液压缸、气缸活塞杆尺寸系列(摘自 GB/T 2348—1993)(见表 23.1-5)

表 23.1-5　液压缸、气缸活塞杆尺寸系列

(mm)

4	16	36	80	180
5	18	40	90	200
6	20	45	100	220
8	22	50	110	250
10	25	56	125	280
12	28	63	140	320
14	32	70	160	360

3.3　液压气动系统及元件　气缸活塞行程系列(摘自 GB/T 2349—1980)(见表 23.1-6 ~ 表 23.1-8)

表 23.1-6　气缸活塞行程系列表(1)

(mm)

25	50	80	100	125	160	200	250	320	400
500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000

表 23.1-7　气缸活塞行程系列表(2)

(mm)

	60			63		90	110	140	180
220	280	360	450	550	700	900	1100	1400	1800
2200	2800	3600							

表 23.1-8　气缸活塞行程系列表(3)

(mm)

240	260	300	340	380	420	480	530	600	650
750	850	950	1050	1200	1300	1500	1700	1900	2100
2400	2600	3000	3400	3800					

注：当活塞行程 >4000mm 时，按 GB/T 321—1980《优先数和优先数列》中 R10 数系选用，如不能满足要求时，允许按 R40 数系选用。

3.4 液压气动系统及元件 活塞杆螺纹型式和尺寸系列(摘自 GB/T 2350—1980)(见表23.1-9)

表 23.1-9 液压气动系统及元件 活塞杆螺纹型式和尺寸系列 (mm)

螺纹直径与螺距 ($D \times t$)	螺纹长度 L	
	短 型	长 型
M3×0.35	6	9
M4×0.5	8	12
M4×0.7*	8	12
M5×0.5	10	15
M6×0.75	12	16
M6×1*	12	16
M8×1	12	20
M8×1.25*	12	20
M10×1.25	14	22
M12×1.25	16	24
M14×1.5	18	28
M16×1.5	22	32
M18×1.5	25	36
M20×1.5	28	40
M22×1.5	30	44
M24×2	32	48
M27×2	36	54
M30×2	40	60
M33×2	45	66
M36×2	50	72
M42×2	56	84
M48×2	63	96
M56×2	75	112
M64×3	85	128
M72×3	85	128
M80×3	95	140
M90×3	106	140
M100×3	112	—
M110×3	112	—
M125×4	125	—
M140×4	140	—
M160×4	160	—
M180×4	180	—
M200×4	200	—
M220×4	220	—
M250×6	250	—
M280×6	280	—

注：1. 螺纹长度 L 对内螺纹是指最小尺寸，对外螺纹是指最大尺寸。
2. 当需要用锁紧螺母时，采用长型螺纹长度。
3. 带＊号的螺纹尺寸为气缸专用。

3.5 液压气动系统用硬管外径和软管内径(摘自 GB/T 2351—2005)(见表23.1-10、表23.1-11)

表 23.1-10 硬管外径系列 (mm)

4	5	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20
(22)	25	(28)	32	(34)	38*	40	(42)	50	

注：1. 括号内尺寸为非优先选用值。
2. 带＊号尺寸仅用于法兰式连接。

表 23.1-11 液压系统软管内径系列 (mm)

2.5	3.2	5	6.3	8	10	12.5	16	19
20	(22)	25	31.5	38	40	50	51	

注：括号内尺寸为非优先选用值。

3.6 气动连接 气口和螺柱端(摘自 GB/T 14038—2008)

该标准适用于气缸内径为8~400mm一般用途的气缸，气缸最小气口螺纹见表23.1-12。

表 23.1-12 气缸最小气口螺纹 (mm)

气缸内径	气缸最小气口螺纹(螺纹精度6H)
8 10 12 16	M5×0.8
20 25 32	M10×1
40 50	M14×1.5
63 80	M18×1.5
100 125	M22×1.5
160 200	M27×2
250 320 400	M33×2

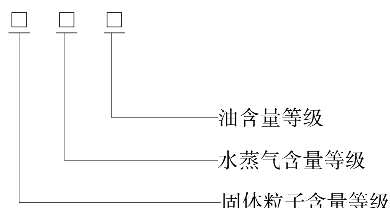
3.7 气动元件及系统用空气介质质量等级(摘自 JB/T 5967—2007)

JB/T 5967—2007 规定了气动元件及系统用空气

介质质量等级。适用于气动元件及系统用空气介质划分质量等级。

3.7.1　表示方法

空气介质质量等级用三个阿拉伯数字表示，如对某一污染物没有要求，则用“—”代替。



3.7.2　质量等级(见表 23.1-13～表 23.1-15)

表 23.1-13　固体粒子含量等级

等级	最大粒子尺寸/μm	最大含量/(mg/m³)
1	0.1	0.1
2	1	1
3	5	5
4	40	10
5	75	12.5

注：粒子含量系绝对压力为 0.1MPa，温度 20℃，相对蒸气压力 0.6MPa 条件下的含量。

压缩空气中水蒸气含量以压力露点表示，当要求更低压力露点时必须特别指明，压力露点的等级按表 23.1-14的规定，油含量等级见表 23.1-15。

表 23.1-14　压力露点的等级

等　　级	最高压力露点/℃
1	-60
2	-40
3	-20
4	3
5	7
6	10

表 23.1-15　油含量等级

等　　级	最大油含量/(mg/m³)
1	0.01
2	0.1
3	1
4	5
5	25

注：1. 油含量系绝对压力为 0.1MPa，温度 20℃，相对蒸气压力 0.6MPa 条件下的油含量。
2. 此油含量不包括经油雾器提供的油量。

3.7.3　常用气动元件用空气介质的质量等级

常用气动元件用空气介质的质量等级按表 23.1-16 选用。

表 23.1-16　常用气动元件用空气介质的质量等级

常用气动元件名称			空气介质的质量等级		
			固体粒子	水蒸气	油
气缸(往复式)			≤3	≤3	≤5
重型空气马达			≤4	6～1	≤5
轻型空气马达			≤3	3～1	≤3
空气透平			≤2	≤2	≤3
射流元件			≤2	2～1	≤2
逻辑元件			≤4	≤6	≤4
气动换向阀	滑阀式	间隙密封	3～2	3～2	4～3
		软质密封	5～4	3～2	4～3
	截止式		≤3	≤3	≤5
空气轴承			≤2	≤3	≤3
气动控制阀			≤3	≤2	≤3

3.7.4　一般系统用空气介质的质量等级

一般系统用空气介质的质量等级按表 23.1-17 选用。

表 23.1-17　一般系统用空气介质的质量等级

一般系统名称	空气介质质量等级		
	固体粒子	水蒸气	油
精密机械制造	≤2	≤2	≤4
气流织机	≤2	≤3	≤4
一般车间	≤4	≤6	≤5
食品饮料加工	≤2	≤6	1
喷漆	≤3	3～2	1
电子器件	≤2	≤2	≤4
铸造机械	≤4	≤6	≤5
机床	≤4	≤3	≤5
摄影软片制造	1	1	1
包装机械	≤4	≤3	3～2
矿山机械	≤4	≤5	≤5
焊接机械	≤4	≤6	≤5
喷砂	—	≤3	≤3
机械零件吹洗	≤4	≤6	≤4

4　常用气动术语

流体传动　使用受压流体作为介质来进行能量转换、传递、控制和分配的方式方法，简称液压与气动。

气动技术　涉及压缩气体流动规律的科学技术，

简称气动。

额定工况(标准工况)　根据实验规定的结果所推荐的系统或元件的稳定工况。“额定工况”一般在产品样本中给出并用 q_n，p_n 表示。

极限工况　允许装置在极限情况下运行并以其某参数的最小量或最大量来表示的工况。其他的有效参数和负载周期要加以明确规定。极限工况用 q_{min}、q_{max}等表示。

稳态工况　稳定一段时间后，参数没有明显变化的工况。

效率　输出功率与相应的输入功率的比值。

介质温度　在规定点测定的介质温度。

环境温度　装置工作时周围环境的温度。

工作压力　装置运行时的压力。

工作压力范围　装置正常工作时所允许的压力范围。

进口压力　按规定条件，在元件进口处所测得的压力。

出口压力　按规定条件，在元件出口处所测得的压力。

压降、压差　在规定条件下，所测得的系统或元件内两点(如进、出口处)压力之差。

控制压力范围　最高允许控制压力与最低允许控制压力之间的范围。

背压　装置中因下游阻力或者元件进、出口阻抗比值变化而产生的压力。

开启压力　压力阀开始通过流体时的压力。

爆破压力　引起元件壳体破坏和流体外溢的压力。

临界压力比　在气动装置中流速达到声速时，上游和下游绝对压力的比值。

耗气量　为了执行给定的任务或者在工作指定的时间内设备或者装置工作所消耗的空气体积。空气体积应该按标准大气压工况表示，量的数值后加符号 ANR。

泄漏　流体流经密封装置不作有用功的现象。

层流　质点呈平行或层次分明的流动状态。

紊流　质点呈随机流动的流动状态。

流量　单位时间内通过流道横截面的流体数量(可规定为体积或者重量)。空气体积流量用标准大气压状态表示。

额定流量　在额定工况下的流量。

溢流流量　在规定工况下测得的，当控制压力超过原始设定值一个规定的增量时，流过卸荷装置的空气流量。

流量系数　表征气动元件、液压元件、管路或接头的流导的系数。

气动元件的流动参数　表征可压缩流体元件中压力和流量之间特性的参数，有气导、临界压力比、亚声速状态下的流量系数和声速状态下的流量系数。

有效截面积　指元件处于声速状态下的有效面积。

滞环　当先上行后下行或相反调整控制量时，在同一控制设定值下的被控参数的差值。

上升时间　装置中的参数从规定低值上升到高值所需要的时间。

下降时间　装置中的参数从规定高值下降到规定低值所需要的时间。

响应时间　工作的起始点至完成点之间的时间，这些点针对每种元件定义。

图形符号　按标准或规范表示元件或元件组的正规抽象符号。

逻辑功能图形符号　在流体逻辑回路中表示逻辑功能和有关功能的图形符号。

组合符号　由图形符号、剖视符号和外形符号组合的符号。

回路图　用图形符号表示流体传动回路或者部分回路功能的图。

循环　一组完整的重复出现的事件和状态。

自动循环　一经起动如不被停止就一直重复工作的循环。

半自动循环　起动后，完成一个循环并停止在初始位置的循环。

期望寿命　元件或系统在规定工况下能保持规定性能水平的预期工作期限。有时用统计学概率来表示。

功率消耗　在规定工况下，装置或者系统消耗的总功率。

重复性　在同一实验中，同一操作人员以同一仪器在同一工作条件下对同一试验对象依此实验所得结果的随机误差的定量表示。

复现性　在不同的实验室中各操作人员用同一方法对同一对象实验，各实验所得结果的随机误差的定量表示。

漂移　在稳态运行工况下，工况随时间而变化。

线性度　实测线性特征与理想线性特性间的最大偏差。

气缸　把气体能量转变为机械力和直线运动的装置。

有杆端　活塞杆伸出缸的一端。

无杆端　缸封闭的一端。

外伸行程　活塞杆向外移动的行程。

内缩行程　活塞杆向内移动的行程。

缓冲　活塞接近行程终点时，使其减速的方法。可以是固定缓冲，也可以是可调速缓冲。

行程　活塞从一端移到另一端的位移距离。

输出功率　由活塞杆传递的机械功率。

总效率(缸)　输出机械功率与输入功率的比值。

输出力效率　有效输出力与理论输出力之间的比值。

外伸行程时间　在空载或者规定负载下，外伸行程从开始到终止所需要的时间。

内缩行程时间　在空载或者规定负载下，内缩行程从开始到终止所需要的时间。

活塞杆连接　由活塞杆传递力的方式，如螺纹、销轴、耳轴、耳环等连接方式。

增压器　把某初级流体系统工作压力转换成为次级流体系统较高工作压力的装置。两种系统可以用同样的或不同的流体。

增压比　次级压力与初级压力或初级流量与次级流量的比值。

气动-液压缸(气-液缸)　将功率从一种介质(气体)未经增压传递给另外一种介质(液体)的装置。

阻尼缸　用作气缸调速的液压阻尼装置。

阀　用来调节流体传动回路中流体流动方向、压力、流量的装置。

先导阀　操纵或者控制其他阀的阀。

切换压力　引起出口处状态变化的最低先导压力。

切换特性　输出量与输入量的函数曲线。

放大　输出信号变量与控制信号变量之间的比值(仅适用于模拟元件)。

功率放大　输出功率变化与相应的输入(控制)功率变化之间的比值(仅适用于模拟元件)。

方向控制阀　连通或控制流体流动方向的阀。

滑阀　借助于可移动的滑动件接通或切断流道的阀，移动可以是轴向，旋转或者两者兼有。

平板式滑阀　借助平面滑块的移动来实现换向的阀。

圆柱滑阀　借助圆柱形阀芯的移动来实现换向的阀。

座阀　由阀芯提升或降下来开启或关闭流道的阀。

阀芯　借助它的移动来实现方向控制、压力控制或流量控制的基本功能的阀零件。

阀芯位置　阀芯所处的位置。

单向阀　只允许流体一个方向流动的阀。

梭阀　只有两个进口和一个公共出口。在进口压力的作用下，出口自动地与其中一个进口接通的阀。

快速排气阀　进口气压降低时，出口自动开启并排气的阀。

压力控制阀　基本功能为调节压力的阀。

溢流阀　当所要求的压力达到时，通过排出流体来维持该压力的阀。

顺序阀　当进口压力超过调定值时阀开启，允许流体流经出口的阀(实际调整值不受出口压力的影响)。

减压阀　出口压力始终低于进口压力，并当进口压力变化或出口流量变化时，出口压力能基本保持不变的压力控制阀。

流量控制阀　主要功能为控制流量的阀。

单向节流阀　允许沿一个方向畅通流动而另一个方向节流的阀，节流通道可以是固定的或可变的。

射流技术　以流体为能源，用不带可动件的元件来进行信号检测、数据处理和能量控制的流体传动技术。

可动逻辑元件　用带有可动件的流体逻辑元件。

流阻　压降和稳态质量流量的比值。

流导　稳定质量流量和压降的比值(流阻的倒数)。

流感　压降与质量流量变化率之比。

流容　质量流量与压降变化率之比。

噪声　信号的随机波动可能引起回路中出现不希望的寄生信号。

输入阻抗　在输入口处测得的阻抗。

输出阻抗　在输口处测得的阻抗。

有源元件　需要供给与输出信号值无关的动力源的元件。

无源元件　不带动力源的元件，输出功率只来自输入信号。

射流放大器　用于射流系统的放大器。

数字放大器　随着控制信号的作用，输出为断续阶跃变化的放大器。

模拟放大器　随着控制信号的作用，输出为连续变化的放大器。

射流　从孔口射出的流体。

自由射流　不受周围环境影响的射流。

约束射流　受周围环境影响的射流。

主射流　从射流元件的喷嘴或供给通道发射出的层流或紊流射流。

柯安达效应(附壁效应)　紊流射流对相邻壁(可能是曲面)的附着现象。

附壁型放大器　以主射流附壁为工作原理的放大器，附壁射流可用一个或多个输入信号控制。

紊流放大器　用一个或多个控制信号将自由层射流转变为紊流的放大器。

动量放大器　基于主射流和控制射流的动量相互作用为工作原理的放大器。

涡流放大器　通过涡流压降调制主射流作为工作原理的放大器。

对冲放大器　以控制两对置主射流对冲面位置来控制输出功率的放大器。

互作用区　主射流受一个或多个控制射流作用的腔室。

分流劈　流体放大器中分割不同输出的部分。

深宽比　喷嘴深度与宽度的比值。

流体二极管　在流体流动通道的一个方向阻力极大，而相反方向阻力很小的元件。

转换元件(接口元件)　不同类型或等级的能量间转换信息的元件。

传感器　在外界工况改变时，能对系统变化进行检测和传递的元件。

负载曲线　输出压力表示为输出流量的函数曲线，该曲线斜率就是输出阻抗。

截流压力(盲端压力)　没有流量时的输出压力。

压力恢复率　输出压力与输入压力的比值。

流量恢复率　出口处空载流量与输入流量的比值。

压力增益　在设定点，输出压力变化与控制压力变化的比值。

流量增益　在设定点，输出流量变化与控制流量变化的比值。

功率增益　在设定点，输出功率变化与控制功率变化的比值。

输出能力　由一个元件输出能控制相同元件的数量。

输入能力　一个元件的有效控制输入数量。

声频噪声　由外界声响干扰产生的寄生信号。

信噪比　信号值与噪声值的比。

伺服阀　接受模拟量控制信号并输出相应模拟量流体的阀。

输出级　伺服阀中起放大作用的最后一级。

喷嘴挡板　喷嘴和挡板形成可变间隙以控制通过喷嘴的流量。

线圈电阻　在规定温度下的线圈直流电阻。

颤振　高频小振幅的周期电信号。有时叠加在伺服阀输入端以改善系统分辨率。颤振用颤振频率和以毫安为单位的峰值颤振电流振幅来表示。

流量曲线　表示控制流量与输入信号关系的图形。

遮盖　在滑阀中，阀芯处于零位置时，固定节流棱边和可动节流棱边之间的相对轴向位置关系。

负遮盖　阀芯处于零位，固定节流棱边和可动节流棱边不重合，两个或多个节流棱边之间已经存在流体通道的遮盖状态。

正遮盖　阀芯处于零位，固定节流棱边和可动节流棱边不重合，节流棱边之间必须产生相对位移后才形成流体通道的遮盖状态。

阀芯位移　阀芯沿任何一个方向相对于几何零位的位移。

开口　固定节流棱边和可动节流棱边之间的距离。

频率响应　当信号电流在一定频率范围内按正弦规律变化时，控制流量对输入信号的复数比。频率响应通常在输入信号幅值恒定和负载压差为零的条件下测定，并用幅值比和相位移表示。阀的频率响应可随输入信号幅值、温度、能源压力和其他工作条件而变化。

幅值比　在特定频率下，控制流量幅值与正弦输入信号幅值比。通常使用在同一输入信号下某一规定低频作为基准进行归一化。

相位移　在某一规定频率下，正弦输出跟随正弦输入信号的瞬态时间的度量。通常用输入和输出间的矢量角，以度表示。

传递函数　用卡尔森微分方程或拉普拉斯算式表示，描述在零负载时控制流量与输入信号的相互关系。

供气源　产生和供给压缩空气的能源。

硬管　用以连接固定装置的金属或塑料管。

软管　塑料或橡胶制的柔性管。

气罐　储存压缩空气或气体的容器。

空气过滤器　基本功能是阻挡空气中污染物进入系统或元件及除去水分的装置。

分离器　利用物理性质来分离污染物的装置。

除油器　从压缩空气中除去油液的分离器。

空气干燥器　用以降低工作介质中湿蒸汽含量的装置。

制冷式干燥器　利用制冷压缩机和热交换器来降低空气湿度，使湿气分离的干燥器。

吸附式干燥器　利用专用的吸湿剂的吸收性能来分离湿气的干燥器。

再生式干燥器　不需要更换干燥剂能恢复分离湿气能力的干燥器。

加热再生　应用加热法除去饱和的干燥剂所吸收的湿气。

无热再生(非加热再生)　用干燥压缩空气经含

湿干燥剂膨胀至大气压以除去其中湿气。

油雾器　将一定数量(可控或不可控)润滑剂以雾状注入工作介质的装置。

热交换器　通过与其他流体热交换以降低、保持或升高工作介质温度的装置。

冷却器　从工作介质吸收热量的装置。

气动消声器　降低进气或排气噪声级的装置。

过滤器　主要功能是从工作介质中截流污染物的装置。

滤心　实现截留污染物的零件或部件。

过滤器最大允许压降　流体沿正常流动方向流经过滤器，不产生滤心结构或滤心材料损坏，或污染物明显转移的最大压降。

密封件　密封装置中可更换的起密封作用的零件。

动密封件　用在相对运动零件间的密封装置中的密封件。

静密封件　用在相对静止零件间的密封装置中的密封件。

复合密封件　由不同材料组成的密封装置中的组合密封装置。

丁腈橡胶密封件　由丁二烯和丙烯腈的共聚物组成的密封件(耐油能力随共聚物中丙烯腈含量而变化)。

聚氨酯密封件　主要由聚氨酯甲酸酯基团制成的密封件，具有良好的耐油性和耐磨性，但在中等温度下遇水容易衰变。

聚四氟乙烯(PTFE)密封件　由热塑性聚合物制成的密封件，这类材料几乎耐一切化学侵蚀，而且使用温度范围很广，摩擦因数很低，但弹性差，仅有中等程度复原能力。

尼龙密封件　为聚酰胺塑性材料，特点是机械强度高和耐磨性好。

机械控制　用机械零件，如轴、凸轮、杠杆等操纵的控制方法。

压力控制　靠压力控制管路中的流体压力变化来操作的控制方法。

气动控制　使用在压力控制管路中空气的压力控制。

电气控制　利用电气状态变化操作的控制方法。

辅助控制　安装在阀门上，能提供另外一种可供选择的控制(通常为手动)方法。

压力表　通常用机械指针指示刻度表示流体压力的仪表。

(电气)压力传感器　将流体压力转换成电气信号的器件。

流量计　指示流量的装置。

液位计　指示液位高低的装置。

压力开关(压力继电器)　由流体压力控制带电气开关的器件，当达到预先规定的流体压力时，电器开关的触点动作。

气动延时器(气动时间继电器)　如将连续的气动信号加到输入端(或从输入端去除)，经过预先规定的时间后，输出端将产生一个信号的装置。延迟时间可以是固定的，也可以是可调的。

脉冲发生器　如将连续气动信号加到输入端，输出端将产生重复脉冲的装置。

压力表阻尼器　利用压力表管路中所插入的固定式或可变节流装置，以防止由于流体压力急剧变动而损坏仪表的装置。

压力表保护器　压力表管路中所插入的装置，当流体压力超过预先规定的极限值时，使压力表与流体压力切断。通常该装置可调，以适应压力表的量程。

调节器　检测流体状态的变化并自动进行调整使流体状态(如温度、压力等)保持在预定限度内的装置。

组件　用以实现所需功能的元件组合。

压缩机站　由电动机、压缩机、气罐、调压阀等组成的组件。

气动卸载装置　当预定压力达到时，使压缩机在空载情况下运行的装置。

气动循环程序控制器　由一个程序控制器及其所控制的一定数目的阀所组成的装置，以完成规定的重复动作，该程序可以是固定的，也可以是可变的。

空气处理装置　由过滤器、带压力表的减压阀和油雾器所组成的处理单元，使输出的气体保持在适合的状态。

制冷冷却　利用制冷技术的冷却系统。

调试　按规定的技术要求，对系统或装置进行首次调整、试验和运行的操作顺序。功能试验包括所需技术要求的极限工况。

性能说明书　详细说明一台设备、成套系统或装置的功能要求，以及使用时的环境条件，包括其使用场合的特殊或专门条件的文件。应给出足够的细节使制造厂选择适当的材料和元件以满足要求，也可使用户判断该产品是否能够提供他所满意的性能指标。

系统说明书　详细说明单台设备、成套系统或装置的材料、工作性能和标准，以满足产品性能说明书的文件。

安装手册　详细记载新设备或装置调试和运行时所必需的材料和维修、安装设施、部件相互配置及连

接装置的手段文件。

操作手册　详细说明在完成符合要求的安装和调试之后，为确保设备的正确使用和运行所应采取的操作、调节和检查步骤的技术文件。

维修手册　详细记载为使一台设备、一套机械或系统保持良好工作状态所应遵循的规程和方法的技术文件。它详细说明了周期性检查、更换零件、润滑剂种类、保护措施及每次检查的周期。

污染　液体和气体介质中混入或出现污染物或不希望发生的变化。

污染物　存在于液体和气体中的有害固体、液体或气体物质。

颗粒　存在于流体中的固体(或液体)微小物质，如灰尘、纤维、金属、油雾粒子等。

阻塞　由于截留液体或固体颗粒使过滤材料逐渐或突然变成淤塞的现象。

质量污染度　包含在单位流体体积中的颗粒质量数。

第 2 章　气压传动的特点和气体力学基础

1　气压传动的特点

1.1　气压传动的优点

1）以空气为工作介质，工作介质获得比较容易，用后的空气排到大气中，处理方便，不必设置回收空气的容器和管道。

2）因空气的粘度很小（约为液压油动力粘度的万分之一），其流动阻力损失也很小，所以便于集中供气和远距离输送。外泄漏不会像液压传动那样严重污染环境。

3）与液压传动相比，气压传动动作迅速、反应快、维护简单、工作介质清洁，不存在介质变质等问题。

4）工作环境适应性好，特别在易燃、易爆、多尘埃、强磁、辐射、振动等恶劣工作环境中，比液压、电子、电气控制优越。

5）成本低，过载能自动保护。

1.2　气压传动的缺点

1）由于空气具有可压缩性，因此工作速度稳定性稍差。但采用气液联动装置会得到较满意的效果。

2）因工作压力低（一般为 0.3～1.0MPa），又因气动装置结构尺寸不宜过大，总输出力不宜大于 10～40kN。

3）噪声较大，在高速排气时要加消声器。

4）气动装置中的气信号传递速度在声速以内，比电子及光速慢，因此气动控制系统不宜用于元件级数过多的复杂回路。

1.3　气动系统的组成

气动系统的组成按控制过程分，包括气源、信号输入、信号处理及最后的命令执行四个步骤（见图 23.2-1）。

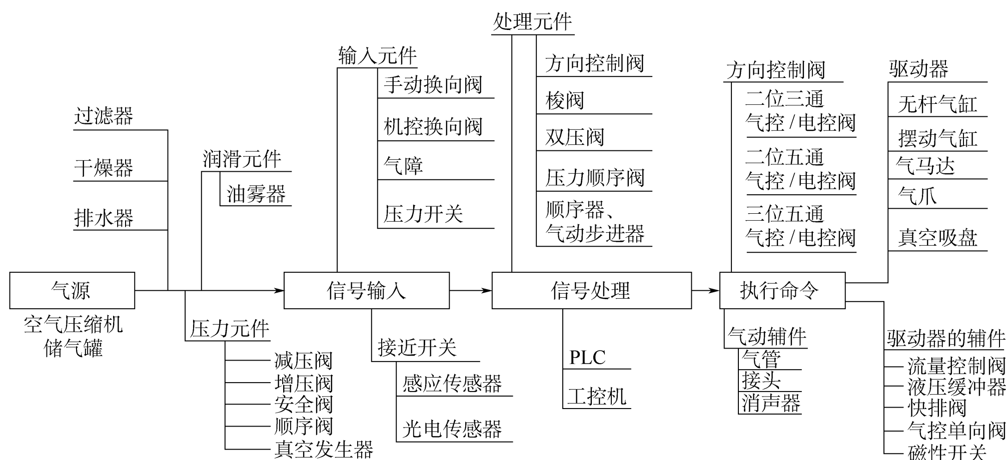


图 23.2-1　气动系统组成及控制过程

1）气源部分是以空气压缩机、储气罐开始。一些气动专业人员接触更多的是气源处理单元（过滤、干燥、减压和油雾这一工序）。

2）信号输入部分主要考虑被控对象能采用的信号源。在简单的气动控制系统中，其中手动按钮操作阀可作为控制运动起始的主要手段。在复杂的气动控制系统中，压力开关、传感器的信号、光电信号和某些物理量转换信号等都列入信号输入这一部分。

3）信号处理有两种方式：气控和电控。气控以气动逻辑元件为主题，通过梭阀、双压阀或顺序阀组成逻辑控制回路。有些气动制造厂商已制造出气动逻辑控制器（如十二步顺序动作的步进器），更多地使用 PLC 或工控机控制。目前大多数气动制造厂商通过内置 PLC 的阀岛产品把信号处理和命令执行合并为一个控制程序。列入这部分的气动辅件有消声器、气管、接头等。

4）命令执行。主要包括方向控制阀和驱动器。这里提到的方向控制阀是指接受了信号处理后被命令去控制驱

动器，与信号处理过程中的方向控制阀原理是一致的，只是所处地位不同。驱动器是气动系统中最后要完成的主要目标，包括气缸、无杆气缸、摆动气缸、气马达、气爪及真空吸盘。这部分的辅件有控制气缸速度的流量控制阀、快排阀；其他辅件有液压缓冲器和磁性开关。

1.4　气动系统各类元件的主要用途（见表 23.2-1）

表 23.2-1　气动系统各类元件的主要用途

类别	名　称		用 途 特 点
气源设备	空气压缩机		是气压传动与控制的动力源，常用 1.0MPa 压力等级的气压
	后冷却器		降低压缩空气湿度，消除压缩空气中大部分的水分、油污和杂质等
	气罐		稳压和储能用
气源处理元件	过滤器		在气源设备之后继续消除压缩空气中的残留水分、油污和灰尘等，可选择 40μm、10μm、5μm、1μm、0.01μm 过滤精度
	干燥器、油雾器		进一步清除空气中的水分
	自动排水器		常与过滤器合并使用，自动排除冷凝水
气动控制元件	压力控制阀	减压阀	压力调节、稳压
		增压阀	增压（常用于某一支路的增压）
	流量控制阀	单向节流阀	控制气缸的运动速度
		快速排气阀	可使气动元件或气缸腔室内的压缩气体迅速排出
	方向控制阀	人控阀	用人工方式改变气体流动方向或通断的元件
		机控阀	用机械方式改变气体流动方向或通断的元件
		单向阀	气流只能从一个方向流动，反方向不能通过的元件
		梭阀	两个入口中只要一个入口有输入，便有输出
		双压阀	两个入口都有输入时，才能有输出
		气控阀	用气控改变气体流动方向的元件
		电磁阀	用电控改变气体流动方向的元件
		阀岛	阀岛是一种集气动电磁阀、控制器（可内置 PLC 或带多针的整套系统控制单元的现场总线协议接口的控制器）、电输入/输出模块
气动执行元件	通用气缸	气缸	做直线运动的执行机构
		摆动气缸	小于 360°角度范围内做往复摆动的气缸
		气马达	把压缩空气的压力能转换成机械能的转换装置，输出转矩和转速
	导向驱动装置	内置导轨气缸	气缸内置机械轴承或滚珠轴承，具有较高的转矩或承载能力
		模块化导向驱动装置	内置轴承或滚珠轴承的气缸，具有模块化拼装结构，可组成二维、三维的运动
		气动机械手	内置滚珠轴承与其他模块化气缸接口的直线驱动器，可承受 500N 径向负载和 50N·m 转矩
		气爪	具有抓取功能，与其他气缸组合成为一个抓取装置
		液压缓冲器	有缓冲功能
真空元件	真空发生器		利用压缩空气、文丘里原理产生一定真空度的元件
	真空吸盘		利用真空来吸物体的元件
	真空压力开关		利用真空度转换成电信号的触头开关元件
	真空过滤器		能过滤进入真空发生器入口的大气中灰尘的元件

（续）

类别	名　称	用 途 特 点
其他辅助元件	气管	连接管路用
	接头	连接管路用
	传感器	信号转换元件
	接近开关	大多用于探测气缸位置
	压力传感器	压力与电信号转换元件，用于探测某个压力
	光电传感器	光与电的转换元件，用于探测某个物体的存在
	气动传感器	利用空气喷射对接近某一物体的感测所产生压力变化后发出的信号，显示一个对象的存在及距离

1.5　气动技术的应用

近年来，气动技术结合了电子技术、液压、机械、电气传动的众多优点，因而发展异常迅速。

1）在机械工业中，如组合机床的程序控制、轴承的加工、零件的检测、汽车制造、农业机械的生产线上、木工机械设备和工业机器人中已得到广泛应用。

2）在冶金工业中，金属的冶炼、烧结、冷轧、热轧、线材、板材的打捆、包装以及连铸连轧的生产线上已有大量应用。

3）在轻工、纺织、食品工业中，缝纫机、彩色电视机、洗衣机、电冰箱、纺织机械、皮鞋制革、卷烟、食品加工等生产线上已得到广泛应用。

4）在化工、军工企业中，对于化工原料的输送、有害液体的灌装、炸药的包装、石油钻采等设备上已有大量应用。

5）交通运输中，列车的制动闸、车辆门窗的开闭、气垫船、鱼雷的自动控制装置等气动技术应用的很广泛。

6）在航天工业中，因气动装置除能承受辐射、高温外还能承受大的加速度，所以在近代的飞机、火箭、导弹的控制装置中逐渐得到广泛应用。

1.6　气压传动和控制与其他传动与控制方式的比较(见表 23.2-2)

表 23.2-2　气压传动和控制与其他传动与控制方式的比较

比较项目		操作力	动作快慢	环境要求	构造	载荷变化影响	操纵距离	无级调速	工作寿命	维护	价格
气压控制		中等	较快	适应性好	简单	较大	中距离	较好	长	一般	便宜
液压控制		最大（可达几百 kN）	较慢	不怕振动	复杂	有一些	短距离	良好	一般	要求高	稍贵
电控制	电气	中等	快	要求高	稍复杂	几乎没有	远距离	良好	较短	要求较高	稍贵
	电子	最小	最快	要求特高	最复杂	没有	远距离	良好	短	要求更高	最贵
机械控制		较大	一般	一般	一般	没有	短距离	较困难	一般	简单	一般

2　空气的物理性质

2.1　空气的组成

在基准状态下(温度 0℃、绝对压力 0.1013MPa 时)干空气的组成(见表 23.2-3)。

表 23.2-3　干空气的组成

成　分	氮	氧	氩	二氧化碳	其他气体
体积分数(%)	78.09	20.95	0.93	0.03	0
重量分数(%)	75.53	23.24	1.28	0.045	0.005

2.2　空气的密度

空气具有一定质量，密度是单位体积内空气的质量，用 ρ 表示

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (23.2\text{-}1)$$

或

$$\rho = \rho_0 \frac{273}{273+t} \times \frac{p}{0.1013} \quad (23.2\text{-}2)$$

式中　m，V——气体的质量和体积；

ρ——在温度 t 与压力 p 状态下干空气的密度（kg/m^3）；

ρ_0——在 0℃，压力为 0.1013MPa 状态下干空气的密度，$\rho_0 = 1.293kg/m^3$；

p——绝对压力（MPa）；

$(273+t)$——热力学温度（K）。

式(23.2-2)是对干空气密度的计算式，对于含有水蒸气的湿空气的密度用下式计算

$$\rho' = \rho_0 \frac{273}{273+t} \times \frac{p - 0.0378\varphi_{p_b}}{0.1013} \quad (23.2\text{-}3)$$

式中　p——湿空气的全压力（MPa）；

p_b——温度 t 时饱和空气中水蒸气的分压力（MPa）压力为 0.1013MPa 时的 p_b 值见表23.2-4；

φ——空气的相对湿度（%）。

表 23.2-4　饱和水蒸气的分压力、饱和绝对湿度、饱和容积含湿量和温度的关系

温度 /℃	饱和水蒸气分压力 p_b /MPa	饱和绝对湿度 χ_b /g·m^{-3}	饱和容积含湿量 d'_b /g·m^{-3}	温度 /℃	饱和水蒸气分压力 p_b /MPa	饱和绝对湿度 χ_b /g·m^{-3}	饱和容积含湿量 d'_b /g·m^{-3}
100	0.1013		597.0	21	0.0025	18.3	18.3
80	0.0473	290.8	292.9	20	0.0023	17.3	17.3
70	0.0312	197.0	197.9	19	0.0022	16.3	16.3
60	0.0199	129.8	130.1	18	0.0021	15.4	15.4
50	0.0123	82.9	83.2	17	0.0019	14.5	14.5
40	0.0074	51.0	51.2	16	0.0018	13.6	16.7
39	0.0070	48.5	48.8	15	0.0017	12.8	12.8
38	0.0066	46.1	46.3	14	0.0016	12.1	12.1
37	0.0063	43.8	44.0	13	0.0015	11.3	11.4
36	0.0059	41.6	41.8	12	0.0014	10.6	10.7
35	0.0056	39.5	39.6	11	0.0013	10.0	10.0
34	0.0053	37.5	37.6	10	0.0012	9.4	9.4
33	0.0050	35.6	35.7	8	0.0011	8.27	8.37
32	0.0048	33.8	33.8	6	0.0009	7.26	7.30
31	0.0045	32.0	32.0	4	0.0008	6.14	6.40
30	0.0042	30.3	30.4	2	0.0007	5.56	5.60
29	0.004	28.7	28.7	0	0.0006	4.85	4.85
28	0.0038	27.2	27.2	−2	0.0005	4.22	4.23
27	0.0036	25.7	25.8	−4	0.0004	3.66	3.50
26	0.0034	24.3	24.4	−6	0.00037	3.16	3.00
25	0.0032	23.0	23.0	−8	0.0003	2.73	2.60
24	0.0030	21.8	21.8	−10	0.00026	2.25	2.20
23	0.0028	20.6	20.6	−16	0.00015	1.48	1.30
22	0.0026	19.4	19.4	−20	0.0001	1.07	0.90

2.3　空气的粘性

空气的粘性是空气质点作相对运动时产生阻力的性质。空气粘度的变化只受温度变化的影响，压力变化对其影响甚微，可忽略不计。表 23.2-5 所列为空气的运动粘度和温度的关系。

2.4　空气的压缩性与膨胀性

气体的压力变化时，其体积随之改变的性质称为气体的压缩性；气体因温度变化，体积随之改变的性质称为气体的膨胀性。空气的压缩性和膨胀性都远远大于液体的压缩性和膨胀性。气体的体积随温度和压

力的变化规律服从气体状态方程。

表 23.2-5　空气的运动粘度和温度的关系(压力 0.1013MPa)

t/℃	0	5	10
$\upsilon/\mathrm{m^2 \cdot s^{-1}}$	0.133×10^{-4}	0.142×10^{-4}	0.147×10^{-4}
t/℃	20	30	40
$\upsilon/\mathrm{m^2 \cdot s^{-1}}$	0.157×10^{-4}	0.166×10^{-4}	0.176×10^{-4}
t/℃	60	80	100
$\upsilon/\mathrm{m^2 \cdot s^{-1}}$	0.196×10^{-4}	0.21×10^{-4}	0.238×10^{-4}

3　理想气体状态方程

不计黏性的气体为理想气体。理想气体的状态方程为

$$\left.\begin{aligned}&\frac{pV}{T}=常数\\&pv=RT\\&\frac{p}{\rho}=RT\end{aligned}\right\}\tag{23.2-4}$$

式中　p——绝对压力(Pa)；

V——气体体积($\mathrm{m^3}$)；

T——热力学温度(K)；

v——气体比体积($\mathrm{m^3/kg}$)；

ρ——气体密度($\mathrm{kg/m^3}$)；

R——气体常数[J/(kg·K)]，干空气：R = 287.1J/(kg·K)；水蒸气：R = 462.05 J/(kg·K)。

除高压、低温状态外(如压力不超过20MPa、绝对温度不低于253K)，对于空气、氧、氮、二氧化碳等气体，该方程均适用，p、v、T 的变化决定了气体的不同状态和过程。

3.1　基准状态和标准状态

基准状态：温度为0℃、绝对压力为101.3kPa(1个标准大气压)时，干空气的状态。基准状态下空气的密度 $\rho_0 = 1.293\mathrm{kg/m^3}$。

标准状态：温度为20℃、相对湿度为65%，绝对压力为 0.1MPa 时，湿空气的状态。在单位后常标注“ANR”。如自由空气的流量为 $30\mathrm{m^3/h}$，常记为 $30\mathrm{m^3/h}$(ANR)。标准状态空气的密度为 $\rho = 1.185\mathrm{kg/m^3}$。

3.2　空气的热力过程

3.2.1　等容过程

$$\frac{p_1}{T_1}=\frac{p_2}{T_2}\tag{23.2-5}$$

$$q_{\mathrm{m}}=c_V(T_2-T_1)\tag{23.2-6}$$

式中　p_1——状态 1 下的绝对压力(MPa)；

p_2——状态 2 下的绝对压力(MPa)；

T_1——状态 1 下的热力学温度(K)；

T_2——状态 2 下的热力学温度(K)；

q_{m}——单位质量气体所增加的内能(J/kg)；

c_V——质量定容热容[J/(kg·℃)]，其含意为气体容积保持不变，使单位重量的气体温度升高 1℃ 所需的热量，对于空气，c_V = 718J/(kg·℃)。

3.2.2　等压过程

$$\left.\begin{aligned}&\frac{v_1}{T_1}=\frac{v_2}{T_2}\\&Q_p=c_p(T_2-T_1)\\&W=R(T_2-T_1)\end{aligned}\right\}\tag{23.2-7}$$

式中　v_1——状态 1 下的气体比容积；

v_2——状态 2 下的气体比容积；

Q_p——单位质量气体所得到的热量(J/kg)；

c_p——质量定压热容[J/(kg·K)]，其含意为气体压力保持不变，使单位质量的气体自由膨胀，温度升高 1℃ 所需的热量、对于空气 c_p = 1005J/(kg·K)；

W——单位重量气体膨胀所做的功(J)。

3.2.3　等温过程

$$\left.\begin{aligned}&W=p_1v_1\ln\frac{p_2}{p_1}\\&W=p_2v_2\ln\frac{p_2}{p_1}\end{aligned}\right\}\tag{23.2-8}$$

式中　W——单位质量气体所需的压缩功(J)。

3.2.4　绝热过程

$$\left.\begin{aligned}&pv^{\kappa}=C_1(常数)\\&\frac{p}{\rho^{\kappa}}=C_2(常数)\\&W=\frac{R}{\kappa-1}(T_2-T_1)\end{aligned}\right\}\tag{23.2-9}$$

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}=\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\kappa-1}\tag{23.2-10}$$

式中　κ——等熵指数，κ = 1.4；

W——单位质量气体的绝热压缩功或膨胀功(J)。

3.2.5　多变过程

$$\left.\begin{aligned}&p_1v_1^n=p_2v_2^n\\&\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}=\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{n-1}\\&W=\frac{R}{n-1}(T_2-T_1)\end{aligned}\right\}\tag{23.2-11}$$

式中　n——多变指数；
W——多变过程气体所做的功(J)。

4　湿空气

含有水蒸气的空气称为湿空气。空气中的水蒸气在一定条件下会凝结成水滴，水滴不仅会腐蚀元件而且对系统的稳定性带来不良影响。因此常采取一些措施防止水蒸气被带入系统。湿空气中所含水蒸气的程度用湿度和含湿量来表示。

4.1　湿度

4.1.1　绝对湿度

1m³ 湿空气中所含水蒸气的重量称为湿空气的绝对湿度，常用χ表示，即

$$\chi=\frac{m_s}{V} \tag{23.2-12}$$

或由式(23.2-4)气体状态方程导出

$$\chi=\rho_s=\frac{p_s}{R_sT} \tag{23.2-13}$$

式中　m_s——水蒸气的质量(kg)；
V——湿空气的容积(m³)；
ρ_s——水蒸气的密度(kg/m³)；
p_s——水蒸气的分压力(Pa)；
R_s——水蒸气的气体常数，$R_s=462.05$J/(kg·K)；
T——热力学温度(K)。

4.1.2　相对湿度

在某温度和某压力下，其绝对湿度与饱和绝对湿度之比称为该温度下的相对湿度，用φ表示

$$\varphi=\frac{\chi}{\chi_b}\times100\%=\frac{d'}{d'_b}\times100\% \tag{23.2-14}$$

式中　χ，χ_b——绝对湿度与饱和绝对湿度(kg/m³)；
d'，d_b'——湿空气的容积含湿量与饱和容积含湿量(g/m³)。

气动技术中规定通过各种阀的空气的相对湿度不得大于90%。

4.2　含湿量

4.2.1　质量含湿量

在含有1kg质量干空气的湿空气中，所含的水蒸气重量，称为该湿空气的质量含湿量，用d表示

$$d=\frac{m_s}{m_g}=622\frac{\varphi p_b}{p-\varphi p_b} \tag{23.2-15}$$

式中　m_s——水蒸气的质量(g)；
m_g——干空气的质量(kg)；
p_b——饱和水蒸气的分压力(MPa)；
p——湿空气的全压力(MPa)；
φ——相对湿度。

4.2.2　容积含湿量

在含有1m³ 干空气的湿空气中，所含的水蒸气质量，称为该湿空气的容积含湿量，用d'表示

$$d'=d\rho \tag{23.2-16}$$

式中　ρ——干空气的密度(kg/m³)。

表23.2-4所示为绝对压力在0.1013MPa下，饱和空气中水蒸气的分压力、容积含湿量与温度的关系。

5　自由空气流量、标准额定流量及析水量

5.1　自由空气流量、标准额定流量

5.1.1　自由空气流量

气压传动中所用的压缩空气是由空气压缩机获得的，经压缩机压缩后的空气称为压缩空气，没经压缩处于自由状态下(大气压0.1013MPa)的空气称为自由空气。空气压缩机铭牌上注明的是自由空气流量。按此流量选择空气压缩机。自由空气流量可由下式计算

$$q_z=q\frac{p}{p_z}\frac{T_z}{T} \tag{23.2-17}$$

忽略温度影响则

$$q_z=q\frac{p}{p_z} \tag{23.2-18}$$

式中　q，q_z——压缩空气流量和自由空气流量(m³/min)；
p，p_z——压缩空气和自由空气的绝对压力(MPa)；
T，T_z——压缩空气和自由空气的热力学温度(K)。

5.1.2　标准额定流量

在选择国外气动元件(如FESTO元件)时，经常会遇到标准额定流量的概念。

若忽略温度变化的影响则

$$q_b=q_e\frac{p_e}{p_b} \tag{23.2-19}$$

式中　q_e——额定流量，是最高工作压力状态下供给元、辅件的最大压缩空气流量(m³/min)；

q_b——标准额定流量，是标准状态下供给元、辅件的空气流量（m^3/min）；

p_e，p_b——额定状态、标准状态下的绝对压力（MPa）。

5.2　析水量

湿空气被压缩后，单位容积中所含水蒸气的量增加，同时温度也升高。当压缩空气冷却时，其相对湿度增加，当温度降到露点后便有水滴析出。压缩空气中析出的水量可由下式计算

$$q_m = 60 q_z \left[\varphi d'_{1b} - \frac{(p_1 - \varphi p_{b1}) T_2}{(p_2 - \varphi p_{b2}) T_1} d'_{2b} \right] \tag{23.2-20}$$

式中　q_m——每小时的析水量（kg/h）；

φ——空气没被压缩时的相对湿度；

T_1——压缩前空气的温度（K）；

T_2——压缩后空气的温度（K）；

d'_{1b}——温度为 T_1 时饱和容积含湿量（kg/m^3）；

d'_{2b}——温度为 T_2 时饱和容积含湿量（kg/m^3）；

p_{b1}，p_{b2}——温度 T_1、T_2 时饱和空气中水蒸气的分压力（绝对压力）（MPa）。

例　将 15℃的空气压缩至 0.7MPa（绝对压力），压缩后的空气温度为 40℃，已知空气压缩机的流量为 $6m^3/min$，相对湿度 $\varphi = 0.85$，求空气压缩机每小时的析水量。

解　由表 23.2-4 可查得，15℃时，$d'_{1b} = 12.8g/m^3$，$p_{b1} = 0.0017MPa$；40℃时，$d'_{2b} = 51.0g/m^3$，$p_{b2} = 0.0074MPa$。

已知：$Q_z = 6m^3/min$，$p_1 = 0.1MPa$，$p_2 = 0.7MPa$。

由式（23.2-17）

$$\begin{aligned} q_m &= 60 q_z \left[\varphi d'_{1b} - \frac{p_1 - \varphi p_{b1}}{p_2 - \varphi p_{b2}} \frac{T_2}{T_1} d'_{2b} \right] \\ &= 60 \times 6 \times \left[0.85 \times 0.0128 - \frac{0.1 - 0.85 \times 0.0017}{0.7 - 0.0074} \times \frac{273 + 40}{273 + 15} \times 0.051 \right] kg/h \\ &= 1.865 kg/h \end{aligned}$$

6　气体流动的基本方程

6.1　连续性方程

流体在管道中作稳定流动时，同一时间内流过管道每一截面的质量流量相等，即

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 = q_m = 常数 \tag{23.2-21}$$

式中　ρ_1，ρ_2——截面 1、2 上流体的密度（kg/m^3）；

A_1，A_2——截面 1、2 的截面积（m^2）；

v_1，v_2——截面 1、2 上流体运动速度（m/s）；

q_m——质量流量（kg/s）。

如果气体运动速度很低，可视为不可压缩的，即 $\rho_1 = \rho_2 = 常数$，式（23.2-21）变为

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 = q_V = 常数 \tag{23.2-22}$$

式中　q_V——体积流量（m^3/s）。

6.2　能量方程

如果流体流动为稳定流，由能量守恒关系可求得下述几种形式的能量方程。

6.2.1　不可压缩流体的伯努利方程

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_w \tag{23.2-23}$$

式中　h_1，h_2——截面 1、2 处的位置高度（m）；

p_1，p_2——截面 1、2 处的压力（Pa）；

ρ——流体的密度（kg/m^3）；

g——流体的自由落体加速度（m/s^2）；

v_1，v_2——截面 1、2 处的平均流速（m/s）；

h_w——截面 1、2 间损失的水头（m）。

如果忽略位置高度 h 的影响，式（23.2-23）乘以 ρg 可得

$$\left.\begin{aligned} p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \sum \rho g h_w \\ \sum \rho g h_w = \sum \Delta p_1 + \sum \Delta p_\xi \end{aligned}\right\} \tag{23.2-24}$$

式中　$\sum \rho g h_w$——截面 1、2 间全部压力损失（Pa）；

$\sum \Delta p_1$——截面 1、2 间全部沿程压力损失（Pa）；

$\sum \Delta p_\xi$——截面 1、2 间全部局部压力损失（Pa）。

$$\sum \Delta p_1 = \sum \rho g \lambda \frac{l}{d} \times \frac{v^2}{2g} \tag{23.2-25}$$

式中　l，d——管路长度和管内径（m）；

λ——管路沿程阻力系数。

λ 值与气体的流动状态和管壁的相对粗糙度 $\frac{\varepsilon}{d}$ 有关，对于层流流动状态的空气和水

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

式中　Re——雷诺数。

当气体为紊流流动状态时，$\lambda = f\left(Re, \frac{\varepsilon}{d}\right)$，$\lambda$ 的值可根据 Re 和 $\frac{\varepsilon}{d}$ 的值查 22 篇第 2 章有关沿程阻力系数的计算方法查得

$$\sum \Delta p_\xi = \sum \rho \xi \frac{v^2}{2} \tag{23.2-26}$$

式中　ξ——局部阻力系数，ξ 值可从 22 篇有关局部阻力系数表中查得。

6.2.2　可压缩气体绝热流动的伯努利方程

如果忽略气体流动时的能量损失和位能变化，则得

$$\left.\begin{aligned}\frac{\kappa}{\kappa-1}\times\frac{p_1}{\rho_1}+\frac{v_1^2}{2}&=\frac{\kappa}{\kappa-1}\times\frac{p_2}{\rho_2}+\frac{v_2^2}{2}\\\frac{\kappa}{\kappa-1}\times\frac{p_1}{\rho_1 g}+\frac{v_1^2}{2g}&=\frac{\kappa}{\kappa-1}\times\frac{p_2}{\rho_2 g}+\frac{v_2^2}{2g}\end{aligned}\right\}\qquad(23.2\text{-}27)$$

式中　κ——等熵指数。

6.2.3　有机械功的压缩性气体能量方程

若在所研究的管道两截面 1—1 与 2—2 之间有流体机械（如压气机、鼓风机等）对单位质量气体做功，则绝热过程能量方程为

$$\frac{\kappa}{\kappa-1}\times\frac{p_1}{\rho_1}+\frac{v_1^2}{2}+L=\frac{\kappa}{\kappa-1}\times\frac{p_2}{\rho_2}+\frac{v_2^2}{2}\qquad(23.2\text{-}28)$$

由此式可得：

对绝热过程

$$L_h=\frac{\kappa}{\kappa-1}\times\frac{p_1}{\rho_1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}-1\right]+\frac{v_2^2-v_1^2}{2}\qquad(23.2\text{-}29)$$

对多变过程

$$L_n=\frac{n}{n-1}\times\frac{p_1}{\rho_1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}-1\right]+\frac{v_2^2-v_1^2}{2}\qquad(23.2\text{-}30)$$

如果忽略速度 v 的影响，则得：

对绝热过程

$$L_h'=\frac{\kappa}{\kappa-1}\times\frac{p_1}{\rho_1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}-1\right]\qquad(23.2\text{-}31)$$

对多变过程

$$L_n'=\frac{n}{n-1}\times\frac{p_1}{\rho_1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}-1\right]\qquad(23.2\text{-}32)$$

式中　L_h，L_n——绝热、多变过程流体机械对单位质量气体所做的全功（J/kg）；

　　　L_h'，L_n'——绝热、多变过程流体机械对单位质量气体所做的压缩功（J/kg）。

7　声速及气体在管道中的流动特性

7.1　声速、马赫数

声速是指声波在空气介质中传播的速度。声波是一种微弱的扰动波，通常将一切微弱扰动波的传播速度都叫声速。因微弱扰动传播速度很快，可视为绝热过程。绝热过程的声速

$$a=\sqrt{\kappa\frac{p}{\rho}}=\sqrt{\kappa RT}\qquad(23.2\text{-}33)$$

式(23.2-33)说明气体的声速决定于介质的压力 p、密度 ρ、温度 T，当 $\kappa=1.4$、$R=287.1$J/(kg·K) 时代入式(23.2-33)得

$$a=20\sqrt{T}\qquad(23.2\text{-}34)$$

当温度为 15℃ 时，空气中的声速 $a=340$m/s 。工程上将气流的速度 v 与声速 a 之比称为马赫数，用符号 M_a 表示

$$M_a=\frac{v}{a}=\frac{v}{\sqrt{\kappa RT}}\qquad(23.2\text{-}35)$$

当气体 $v<a$ 时的流动为亚声速流动；

当气体 $v>a$ 时的流动为超声速流动；

当气体 $v=a$ 时的流动称为声速流动或临界状态流动。

7.2　气体在管道中的流动特性

气体沿着变截面管道流动时，其流速符合

$$\frac{1}{A}\times\frac{dA}{ds}=(M_a^2-1)\frac{1}{v}\times\frac{dv}{ds}\qquad(23.2\text{-}36)$$

由式(23.2-36)可得出表 23.2-6 的结论。

表 23.2-6　管道中流速、压力与截面变化的关系

流动区域		几何条件	管子截面沿管轴 s 方向变化	结论		
				截面 A	速度 v	压力 p
亚声速流动	$M_a<1$ ($v<a$)	$\frac{dA}{ds}\propto-\frac{dv}{ds}$	v → s	减小	增大	减小
			v → s	增大	减小	增大

（续）

流动区域		几何条件	管子截面沿管轴 S 方向变化	结论		
				截面 A	速度 v	压力 p
超声速流动	$M_a>1$ $(v>a)$	$\frac{dA}{ds}\propto\frac{dv}{ds}$		增大	增大	减小
				减小	减小	增大
声速（临界状态）流动	$M_a=1$ $(v=a)$	$\frac{dA}{ds}=0$		不变	不变	不变

8　气动元件的流通能力

8.1　流通能力 K_v 值、C_v 值

8.1.1　流通能力 K_v 值

当被测元件全开时，元件两端压差为 0.1MPa，用密度为 1g/cm^3 的水介质实验时，若通过阀的流量值为 q，则流通能力 K_v 值为

$$K_v=q\sqrt{\frac{\rho\Delta p_0}{\rho_0\Delta p}}$$

式中　q——实测水介质的流量（m^3/h）；
ρ——实测水介质的密度（g/cm^3）；
Δp——实测被测元件前后的压差 $\Delta p=p_1-p_2$；
p_1，p_2——被测元件上、下游的压力（MPa）；
ρ_0，Δp_0——规定的水介质密度和压差，$\rho_0=1$g/cm^3，$\Delta p_0=0.1$MPa。

8.1.2　流通能力 C_v 值

当被测元件全开，元件两端压差为 1lbf/in^2（1lbf/in^2 = 6.89kPa），温度为 60℉（15.5℃）的水，通过元件的流量为 gal（美）/min（1gal（美）/min = 3.785 L/min）时，则流通能力 C_v（gal（美/min）值为

$$C_v=q_v\sqrt{\frac{\rho\Delta p_0}{\rho_0\Delta p}}$$

式中　q_v——实测时水的流量[gal（美）/min]；
ρ_0——60℉水的密度，$\rho_0=1$g/cm^3；
Δp_0——被测元件前后的压差，$\Delta p_0=1$lbf/in^2；
ρ，Δp——实测时水的密度（g/cm^3）和被测元件前后的压差（lbf/in）。

8.2　有效截面积 S

8.2.1　定义及简化计算

气体流经孔（如阀口等）时，由于实际流体存在粘性，使流束收缩得比节流孔名义截面积 S_0 还小，此最小截面积 S 称为有效截面积（见图 23.2-2），它代表了节流孔的流通能力。S/S_0 称为收缩系数，以 α 表示

$$\alpha=\frac{S}{S_0}\qquad(23.2\text{-}37)$$

式中　S——有效截面积（mm^2）；
S_0——节流孔的名义截面积（mm^2），对圆形节流 $S_0=\frac{\pi}{4}d^2$。

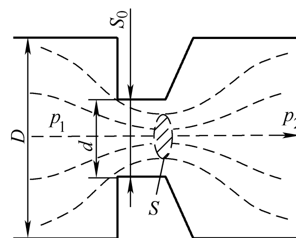


图 23.2-2　节流孔的有效截面积

薄壁节流孔的 α 值可根据节流孔直径 d 和节流孔上游直径 D 二者比值 β $\left[\beta=\left(\frac{d}{D}\right)^2\right]$，由图 23.2-3 查得。

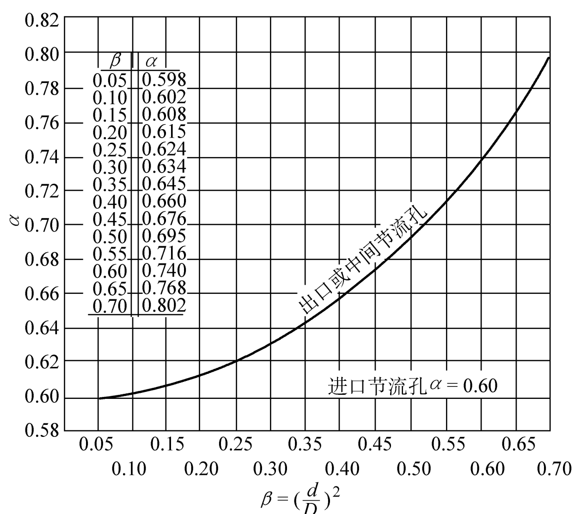


图 23. 2-3　薄壁节流孔收缩系数

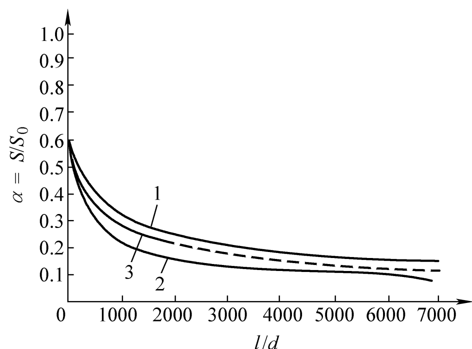


图 23. 2-4　管路长 l 与有效截面积的关系曲线

1—d = 11. 6mm 具有涤纶编织物的乙烯软管

2—d = 2. 52mm 的尼龙管

3—d = 6. 35 ~ 25. 4mm 的瓦斯管

气动元件的流通能力也常用 S 值来表示，即把气体通过气动元件的流动看成类似条件下通过节流孔板的流动，这使问题大为简化。管路有效截面积 S 可按下式计算

$$S=\alpha S_0$$

式中　α——系数，由图 23. 2-4 查出；

S_0——管道的名义截面积（mm^2），$S_0=\frac{\pi}{4}d^2$；

d——管道内径（mm）。

8. 2. 2　有效截面积的测试方法

气动元件的有效截面积 S 值可通过测试确定。

1）声速排气法测定 S 值。图 23. 2-5 所示为电磁换向阀 S 值的测定装置，由容器放气特性测定放气时间，算出 S 值

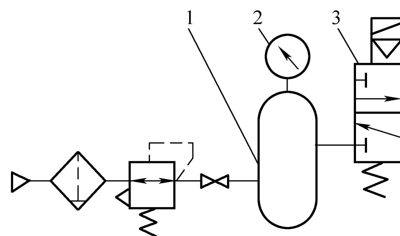


图 23. 2-5　电磁阀有效截面积 S 值的测试

1—容器　2—电接点压力表　3—被测阀

$$S=\left(12.9V\frac{1}{t}\lg\frac{p_1+0.102}{p_2+0.102}\right)\times\sqrt{\frac{273}{T}} \tag{23. 2-38}$$

式中　S——有效截面积（mm^2）；

V——容器的容积（L）；

t——放气时间（s）；

p_1——容器内初始压力（相对）（MPa），p_1 = 0. 5MPa；

p_2——放气后容器内剩余压力（相对）（MPa），p_2 = 0. 2MPa；

T——以热力学温度表示的室温（K）。

式（23. 2-38）对流动为声速时适用，亚声速时不适用。

2）定常流法测 S 值试验原理图参见图 23. 2-6。

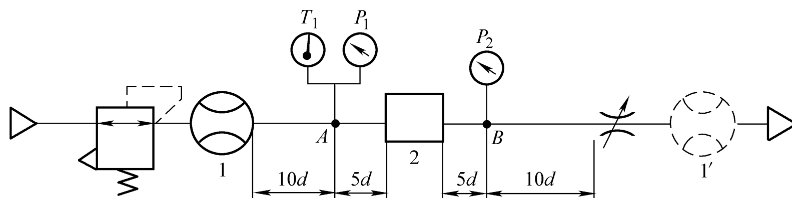


图 23. 2-6　定常流法测 S 值原理图

1（或 1′）—流量计　2—被测元件　d—管径　A、B—测压孔

被测元件上游压力 p_1、温度 T_1，调至规定值，并保持不变。调节节流阀的开度，测量被测元件上下游压力 p_1、p_2 和通过的流量 q，按下式计算有效截面积 S 值

$p_1/p_2=1\sim1.893$（亚声速区）。

$$S=\frac{q\sqrt{\dfrac{T_1}{273}}}{7.31\sqrt{\left(\dfrac{p_2}{p_1}\right)^{1.43}-\left(\dfrac{p_2}{p_1}\right)^{1.71}}} \quad (23.2\text{-}39)$$

$p_1/p_2\geqslant1.893$（声速区）。

$$S=\frac{q}{1.893p_1}\sqrt{\frac{T_1}{273}} \quad (23.2\text{-}40)$$

式中　S——有效截面积（mm^2）；

q——流量（L/s）；

p_1——压力（MPa）；

T_1——温度（K）。

应指出：在亚声速流动范围内，上述计算基本正确。但用定常流法测 S 值是不可取的，因式（23.2-39）的来源 p_1 和 p_2 分别是被测元件内最大流速处的总压力 $\left(p_1+\dfrac{1}{2}\rho v_1^2\right)$ 和静压力 p_2，而实测却是被测元件上下游的静压力。

8.2.3　系统中多个元件合成的 S 值

1）系统中若干个元件并联时，合成的有效截面积 S_R 由下式计算

$$S_R=S_1+S_2+\cdots+S_n=\sum_{i=1}^{n}S_i \quad (23.2\text{-}41)$$

2）系统中若干个元件串联时，合成的有效截面积由下式计算

$$\frac{1}{S_R^2}=\frac{1}{S_1^2}+\frac{1}{S_2^2}+\cdots+\frac{1}{S_n^2}=\sum_{l=1}^{n}\frac{1}{S_1^2} \quad (23.2\text{-}42)$$

式中　S_R——合成有效截面积（mm^2）；

$S_1,S_2,\cdots,S_n$——各元件的有效截面积（mm^2）。

8.3　理想气体在收缩喷管中绝热流动的流量

如图 23.2-7a 所示，容器内压力、密度、温度分别为 p_1、ρ_1、T_1。当气体以声速或近声速从容器通过节流孔或收缩形管嘴排到容器外部空间时，出口处的压力、密度、温度分别为 p_2、ρ_2、T_2。只要节流孔或管嘴前后压差足够大，气流的速度就能达到声速。

当 $p_2/p_1<0.528$ 或 $p_1>1.893p_2$ 时

$$q_m=0.404\frac{p_1}{\sqrt{T_1}}A \quad (23.2\text{-}43)$$

式中　q_m——气体的重量流量（kg/s）；

p_1——容器中绝对压力（MPa）；

T_1——容器中温度（K）；

A——收缩喷管最小截面积（mm^2）。

由式（23.2-43）可以看出，只要 $p_2/p_1<0.528$ 或

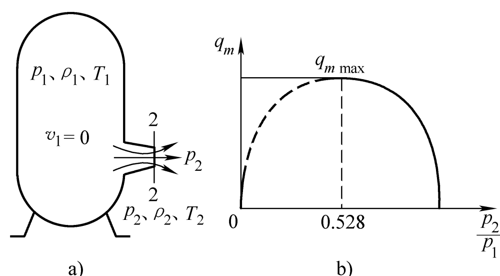


图 23.2-7　可压缩性气体经收缩管的流量

$p_1>1.893p_2$，喷管最小截面处气流达到声速后，容器内压力 p_1 保持不变，而无论怎样降低出口压力 p_2（直到 p_2 为 0）排气的重量流量都保持不变，即仍然是声速时的最大值 $q_{m\max}$，这种流动称为壅塞流。这是因为达到声速时气流向管外的传播速度，与向上游传播的压力波相平衡，使流速保持不变。压力比 p_2/p_1 与流量 q_m 的关系如图 23.2-7b 所示。压力比 $p_2/p_1=0.528$ 时有最大流量 $q_{m\max}$，此时的压力比称为临界压力比。

气动元件的临界压力比经测试知，一般为 $p_2/p_1=0.2\sim0.5$。

8.4　可压缩性气体通过节流小孔的流量

1）当 $p_2/p_1<0.528$ 或 $p_1>1.893p_2$ 时，流速在声速区

$$q_z=113Sp_1\sqrt{\frac{273}{T_1}} \quad (23.2\text{-}44)$$

2）当 $p_1=(1\sim1.893)p_2$ 时，流速在亚声速区

$$q_z=234S\sqrt{\Delta pp_1}\sqrt{\frac{273}{T_1}} \quad (23.2\text{-}45)$$

式中　q_z——自由（标准）状态流量（L/min）；

S——有效截面积（mm^2）；

p_1——节流孔上游绝对压力（MPa）；

Δp——压差（MPa），$\Delta p=p_1-p_2$；

T_1——节流孔上游热力学温度（K）。

例　已知通径为 6mm 的气控阀在环境温度 20℃、气源压力为 0.5MPa（相对）的条件下进行实验，测得：阀进出口压降 $\Delta p=0.02$MPa，额定流量 $q=2.5m^3/h$，试计算该阀的有效截面积 S 值。

解　按式（23.2-18）求自由空气流量

$$q_z=q\times\frac{p+0.1013}{0.1013}=\frac{2.5\times1000}{60}\times\frac{0.5+0.1013}{0.1013}\text{L/min}=247\text{L/min}$$

出口压力 $p_2 = 0.5813\text{MPa}$

压力比：$\dfrac{p_2}{p_1} = \dfrac{0.5813}{0.6013} = 0.97$ 或 $p_1 = 1.013 p_2$，即 $p_1(1 \sim 1.893)p_2$，可按式(23.2-45)求 S 值

$$S = \frac{q_z}{234\sqrt{\Delta p p_1}}\sqrt{\frac{T_1}{273}}$$

$$= \frac{247}{234\sqrt{0.02\times0.6013}}\sqrt{\frac{273+20}{273}}\text{mm}^2$$

$$= 10\text{mm}^2$$

8.5　流通能力 K_v 值、C_v 值、S 值的关系

$$C_v = 1.167K_v$$

$$S = 16.98C_v \approx 17C_v = 19.82K_v \quad (23.2\text{-}46)$$

$$C_v \times 1000 \approx q_z(\text{空气})$$

式中　K_v——流通能力(m^3/h)；

C_v——流通能力[gal(美)/min]；

S——有效截面积(mm^2)；

q_z——自由(标准)状态流量(L/min)。

9　充气、放气温度与时间的计算

9.1　充气温度与时间的计算

气罐充气时(见图23.2-8)，气罐内压力从 p_1 升高到 p_2，温度从室温 T_1 升高到 T_2，则

$$T_2 = \frac{\kappa}{1 + \dfrac{p_1}{p_2}\left(\kappa\dfrac{T_s}{T_1} - 1\right)}T_s \quad (23.2\text{-}47)$$

式中　T_s——气源热力学温度(K)；

κ——等熵指数。

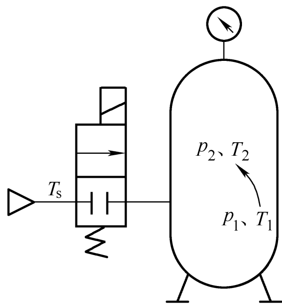


图23.2-8　气罐充气

如果气源与被充气的气罐都是室温即 $T_s = T_1$，则得

$$T_2 = \frac{\kappa}{1 + \dfrac{p_1}{p_2}(\kappa - 1)}T_1$$

从式(23.2-47)可以看出，绝热充气无论充气的压力 p_2 多高，气罐中气体温度不会超过气源温度的1.4倍。如充气至 p_2 时，立即关闭阀门，通过气罐壁散热，罐内温度再次下降至室温，此时气罐内的压力也下降，压力的大小可按下式计算

$$p = p_2\frac{T_1}{T_2}$$

式中　p——充气后又降到室温时，罐内气体稳定的压力值。

气罐充气到气源压力时所需的时间

$$t = \left(1.285 - \frac{p_1}{p_s}\right)\tau$$

式中　p_s——气源的绝对压力(MPa)；

p_1——气罐内的初始绝对压力(MPa)；

τ——充气与放气的时间常数(s)

$$\tau = 5.217\frac{V}{KS}\sqrt{\frac{273}{T}} \quad (23.2\text{-}48)$$

式中　V——气罐的容积(L)；

S——有效截面积(mm^2)。

图23.2-9所示为气罐充气时的压力—时间特性曲线。可看出，当气罐中的压力小于等于临界压力 p^*(即 $p \leqslant 0.528p_1$)时，则最小截面处气流的流速将保持声速，向被充气气罐流动的气体流量也将保持常数，曲线保持线性变化(见 Oa 线)；而当气罐内压力大于临界压力 p^*($p > 0.528p_1$)时，因充气速度将降低(小于声速)，流动属于亚声速范围，随着被充气罐内压力上升，流量会逐渐降低，因此从达到临界压力起直到充气结束，ab 段曲线为非线性变化。

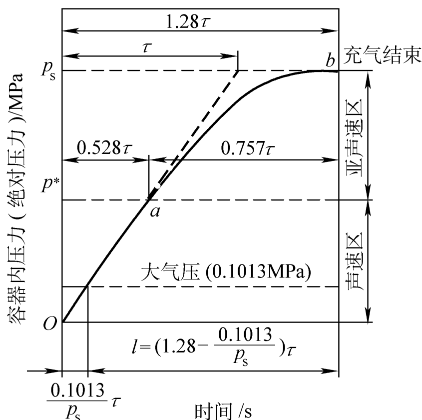


图23.2-9　充气时压力—时间特性曲线

9.2　放气温度与时间的计算

气罐内空气的初始温度 T_1、压力 p_1 经快速绝热放气后的温度降低到 T_2，压力降低到 p_2(见图23.2-10)

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

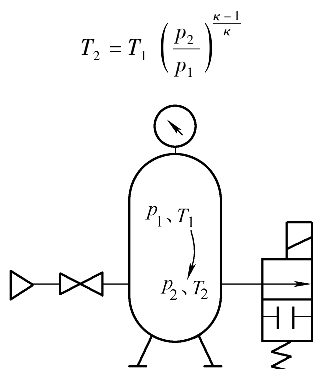


图 23. 2-10　气罐放气

如果放气至 p_2 后立即关闭气阀，停止放气，则气罐内温度上升到室温，此时气罐内的压力也上升至 p，p 的大小按下式计算

$$p = p_2 \frac{T_1}{T_2}$$

式中　p——关闭气阀后罐内气体达到稳定状态时的绝对压力(MPa)；

p_2——刚关闭气阀时气罐内的绝对压力(MPa)。

气罐放气结束所需的时间

$$t = \left\{\frac{2\kappa}{\kappa-1}\left[\left(\frac{p_1}{p^*}\right)^{\frac{\kappa-1}{2\kappa}} - 1\right] + 0.914\left(\frac{p_1}{0.1013}\right)^{\frac{\kappa-1}{2\kappa}}\right\}\tau \tag{23.2-49}$$

式中　p_1——初始绝对压力(MPa)；

p^*——临界压力，一般取 $p^* = 1.893 \times 0.1013 = 0.192$MPa(绝对压力)；

τ——时间常数，由式(23. 2-48)确定。

气罐放气时的压力—时间特性曲线从图 23. 2-11 可看出，当罐内压力大于临界压力时，由于放气量小，断面处将总保持声速，但此声速值随容器中的温度而变化，所以放气的流量也是变化值，曲线(ab 段)为非线性变化的；当气罐内压力 $p < p^*$ ($p^* = 1.893 \times 0.1013$MPa)，放气流动属于亚声速流动，因此气体速度、流量的减小曲线(bc 段)仍是非线性变化的。

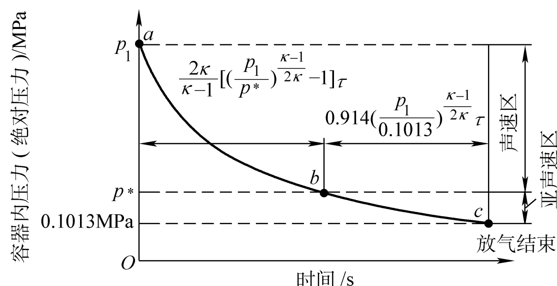


图 23. 2-11　放气时的压力—时间特性曲线

放气过程究竟是绝热还是等温过程，要依具体情况确定。一般气罐内压力相同条件下，当放气孔面积较大、排气快则接近于绝热过程；当放气孔面积较小，排气慢、器壁导热又好时，则接近等温过程。

例　如图 23. 2-10 所示，通过总有效面积为 50mm² 的回路，容积为 100L 的气罐内压力从 0. 5MPa (表压)放气到大气压。试求放气时间，气罐内原始温度与气源温度均为 20℃。

解　按式(23. 2-48)计算时间常数

$$\begin{aligned}\tau &= 5.217\frac{V}{KS}\sqrt{\frac{273}{T_s}}\\ &= 5.217 \times \frac{100}{1.4 \times 50}\sqrt{\frac{273}{273+20}}\text{s}\\ &= 7.2\text{s}\end{aligned}$$

因 $p_1 = (0.5 + 0.1013)$MPa $= 0.6013$MPa(绝对压力)可由式(23. 2-46)来计算放气时间

$$\begin{aligned}t &= \left\{\frac{2\kappa}{\kappa-1}\left[\left(\frac{p_1}{p^*}\right)^{\frac{\kappa-1}{2\kappa}} - 1\right] + 0.914\left(\frac{p_1}{0.1013}\right)^{\frac{\kappa-1}{2\kappa}}\right\}\tau\\ &= \left\{\frac{2\times1.4}{1.4-1}\left[\left(\frac{0.6013}{1.893\times0.1013}\right)^{\frac{1.4-1}{2\times1.4}} - 1\right]\right.\\ &\quad \left. + 0.914\times\left(\frac{0.6013}{0.1013}\right)^{\frac{1.4-1}{2\times1.4}}\right\}\times 7.2\text{s}\\ &= 17.42\text{s}\end{aligned}$$

第 3 章　气源装置及气动辅助元件

1　气源装置

1.1　容积式压缩机的分类和工作原理

表 23.3-1 所示为容积式压缩机按结构形式的分类及工作原理。

1.2　滑片式压缩机

各种滑片式压缩机的技术规格见表 23.3-2 ~ 23.3-7。

表 23.3-1　容积式压缩机的分类及工作原理

结　构		结构示意图	工作原理及工作特点
往复式	活塞式		电动机带动连杆 6，滑块 5 及活塞 3 运动。当活塞 3 向右移动时，气缸 2 的左腔压力低于大气压，吸气阀 7 被打开，空气吸入缸内。当活塞向左运动时，缸的左腔压力高于大气压，吸气阀 7 关闭，排气阀 1 打开，压缩空气经输气管排出 该类压缩机流量、压力范围宽，结构较复杂。单级压力可达 1.0MPa，双级压力可达 1.5MPa
	膜片式		与上述压缩机原理相同，仅活塞由膜片代替。电动机驱动连杆 4 运动，使橡胶膜片 3 向下向上往复运动，先后打开吸气阀 2、排气阀 1，由输出管输出压缩空气 该类压缩机因由膜片代替活塞运动，消除了金属表面的摩擦，所以可得到无油的压缩空气。但工作压力不高，一般小于 0.3MPa
回转式	滑片式		圆筒形缸体 1 内偏心地配置转子 3，转子上开有若干切槽，其内放置滑片 2。转子回转时，滑片在离心力作用下端部紧顶在气缸表面上，缸、转子和滑片三者形成一周期变化的容积。各小容积在一转中实现一次吸气、压气工作循环 该类压气机工作平稳，噪声小。工作压力单级可达 0.7MPa
	螺杆式		在壳体 1 内有一对大螺旋齿的螺杆 2 和 6 啮合着，两螺杆装在外壳内由两端的轴承所支承。其轴端装有同步齿轮 3 以保证两螺杆之间形成封闭的微小间隙。当螺杆由电动机带动时，该微小间隙发生变化，完成吸、压气循环。如果轴承和转子(螺杆)腔间用油封 4、轴封 5 隔开，可以得到无油的压缩空气 该类压缩机工作平稳，效率高。单级可达 0.4MPa，二级可达 0.9MPa，三级可达 3.0MPa，多级压缩会得到更高压力。加工工艺要求较高

表 23.3-2　滑片(HP)式风冷空气压缩机技术规格

型　　号	额定排气量① /m^3·min^{-1}	额定排气压力 /MPa	电动机功率 /kW	额定转速 /r·min^{-1}	噪声 /dB	压缩机重量 /kg	机组总重量 /kg		机组外形尺寸/mm						
									三　角　架　式						半移动式
							三角架式	半移动式	L	W	H	l	W_1	h	长×宽×高
HP9-0.15/7	0.15～0.18	0.7	1.5	950	67	32	75	85	700	325	600	400	240	300	780×430×560
HP9-0.2/7	0.2～0.22		2.2	950	70	35									
HP9-0.25/7	0.25～0.27		2.2	1430	74	32									
HP9-0.3/7	0.3～0.35		3	1440	76	35									
HP9-4	0.6	0.7	4	1440	70.6	70	120		870	350	600	570	300	340	780×430×560
HP9-0.5/7	0.5		3.7	1440	71		120								

① 标准状态下空气流量。

表 23.3-3　LION 型空气压缩机技术规格

型　　号	排气量/m^3·min^{-1}			电动机功率 /kW	外形尺寸/mm			噪声 /dB(A)	出口管径 /in①	重量 /kg
	0.7MPa	0.8MPa	1MPa		长	宽	高			
LION-30	6.02	5.72	5.00	30	1650	850	1530	70	Rp$1\frac{1}{4}$	750
LION-37	7.01	6.75	6.02	37	1800	1000	1530	72	Rp$1\frac{1}{4}$	800
LION-55	11.10	10.80	9.20	55	2000	1100	1800	74	Rp2	1020
LION-75	14.02	13.50	12.04	75	1800	1600	1600	77	Rp$1\frac{1}{4}$	1400
LION-110	22.20	21.60	18.40	110	2000	1950	1800	80	Rp2	1650

① 1in = 0.0254m。

表 23.3-4　TWINS 型空气压缩机技术规格

型　　号	排气量/m^3·min^{-1}			电动机功率 /kW	外形尺寸/mm			噪声 /dB(A)	出口管径 /in①	重量 /kg
	0.7MPa	0.8MPa	1MPa		长	宽	高			
TWINS-75	12.76	12.04	10.58	37×2	1800	1600	1600	80	Rp$1\frac{1}{4}$	1370
TWINS-90	15.32	14.40	12.54	45×2	1800	1600	1600	80	Rp$1\frac{1}{4}$	1600
TWINS-110	20.20	19.16	16.20	55×2	1800	1600	1600	82	Rp$1\frac{1}{4}$	1810
TWINS-130	23.86	22.84	19.78	55+75	2000	1950	1800	84	Rp2	1960
TWINS-150	25.52	24.08	21.16	75×2	2000	1950	1800	84	Rp2	2150
TWINS-180	30.64	28.80	25.08	90×2	2000	1950	1800	85	Rp2	2350

① 1in = 0.0254m。

表 23.3-5 SMART 型空气压缩机技术规格

型　号	排气量 $/\mathrm{m}^3\cdot\mathrm{min}^{-1}$	排气压力 /MPa	电动机功率 /kW	外形尺寸/mm			噪声 /dB(A)	出口管径 /in①	重量 /kg
				长	宽	高			
SMART-22	2.35~3.53	0.8	22	1350	700	1305	73	Rp1	520
SMART-37	4.01~6.02	0.8	37	1650	850	1530	75	Rp1 $\frac{1}{4}$	800
SMART-55	6.39~9.58	0.8	55	1800	1000	1530	76	Rp1 $\frac{1}{4}$	1020
SMART-75	8.03~12.05	0.8	75	1800	1600	1600	80	Rp1 $\frac{1}{4}$	1480
SMART-90	9.60~14.40	8	90	1800	1600	1600	80	Rp1 $\frac{1}{4}$	1760
SMART-110	12.77~19.16	8	55×2	1800	1600	1600	83	Rp1 $\frac{1}{4}$	1910
SMART-130	15.23~21.62	8	55+75	2000	1950	1800	83	Rp2	2020
SMART-150	16.05~24.08	8	75×2	2000	1950	1800	84	Rp2	2250
SMART-180	19.20~28.80	8	90×2	2000	1950	1800	84	Rp2	2450

① 1in=0.0254m。

表 23.3-6 TIGER 型空气压缩机技术规格

型　号	排气量 $/\mathrm{m}^3\cdot\mathrm{min}^{-1}$			电动机功率 /kW	外形尺寸/mm			噪声 /dB(A)	出口管径 /in①	重量 /kg
	0.7MPa	0.8MPa	1MPa		长	宽	高			
TIGER-05	0.82	0.78	0.70	5.5	1230	440	760	70	Rp3/4	198
TIGER-07	1.20	1.12	1.00	7.5	1330	480	760	71	Rp3/4	204
TIGER-11	1.71	1.63	1.50	11	1370	500	820	72	Rp3/4	254
TIGER-15	2.62	2.49	2.22	15	1600	550	940	73	Rp1	385
TIGER-18	3.16	2.97	2.59	18.5	1670	600	960	74	Rp1	402
TIGER-22	3.68	3.53	3.25	22	1670	600	960	76	Rp1	435
TIGER-30	5.09	4.81	4.25	30	1995	780	1175	77	Rp1 $\frac{1}{4}$	688
TIGER-37	6.38	6.02	5.29	37	2035	780	1200	78	Rp1 $\frac{1}{4}$	748
TIGER-45	7.66	7.20	6.27	45	2035	780	1200	80	Rp1 $\frac{1}{4}$	810
TIGER-55	10.10	9.58	8.10	55	2145	830	1230	82	Rp1 $\frac{1}{4}$	950

① 1in=0.0254m。

表 23.3-7 STORM 型空气压缩机技术规格

型　号	排气量 $/\mathrm{m}^3\cdot\mathrm{min}^{-1}$			电动机功率 /kW	外形尺寸/mm			噪声 /dB(A)	出口管径 /in①	重量 /kg
	0.7MPa	0.8MPa	1MPa		长	宽	高			
STORM-11	1.71	1.63	1.50	11	1150	600	1010	69	Rp3/4	255
STORM-15	2.62	2.49	2.22	15	1350	700	1305	70	Rp1	430
STORM-18	3.16	2.97	2.59	18.5	1350	700	1305	71	Rp1	485
STORM-22	3.68	3.53	3.25	22	1350	700	1305	72	Rp1	520
STORM-30	5.09	4.81	4.25	30	1650	850	1530	73	Rp1 $\frac{1}{4}$	750
STORM-37	6.38	6.02	5.29	37	1650	850	1530	74	Rp1 $\frac{1}{4}$	800
STORM-45	7.66	7.20	6.27	45	1650	850	1530	76	Rp1 $\frac{1}{4}$	845
STORM-55	10.10	9.58	8.10	55	1800	1000	1530	77	Rp1 $\frac{1}{4}$	1020
STORM-75	12.76	12.04	10.58	75	2000	1100	1800	79	Rp2	1400
STORM-90	15.32	14.40	12.54	90	2000	1100	1800	82	Rp2	1650

① 1in=0.0254m。

1.3　活塞式压缩机

V 型、W 型、Z 型风冷空气压缩机技术规格见表 23.3-8 ~ 表 23.3-10。活塞式无油润滑空气压缩机、风冷无油润滑膜片式空气压缩机的技术规格见表 23.3-11、表 23.3-12。

表 23.3-8　V 型空气压缩机技术规格

型　号	额定排气量 /m³·min⁻¹	额定排气压力 /MPa	电动机功率 /kW	噪声 /dB	额定转速 /r·min⁻¹	气缸数×气缸直径 /mm		行程 /mm	压气机储气罐容积 /m³	重量 /kg	外形尺寸 (L×W×H) /mm
风冷移动式											
单级压缩											
VD2.2	0.28	0.7	2.2	≤80	1050	2×65		60	0.12	160	1255×510×860
VD1.5	0.286		1.5	≤90	720	2×65		60	0.09	150	1240×458×805
2V-0.3/7	0.3		3.0		725	2×90		55	0.075	93	1155×430×830
2V-0.3/7D	0.3		3.0	≤85	1430	2×65		55	0.12	158	1250×510×928
2V-0.4/10	0.4	1.0	4.0	80.5	840	2×90			0.26	220	
2V-0.6/7	0.6	0.7	5.5		1450	2×90		55	0.12	200	1600×600×100C
									0.10	226	1140×600×860
2V-0.6/7	0.6		5.5	80.4	900	2×90		80	0.185	283	1540×540×960
2V-0.6/7-B	0.6		5.5		1450	2×90		55	0.12	225	1400×950×950
2V-0.6/7-C	0.6		5.5		1450	2×90		55	0.12	220	1450×550×1030
2V-0.6/7B	0.4		4.5	≤85	1250	2×90		55	0.12	220	1400×500×900
双级压缩											
2V-0.1/10	0.1	1.0	1.1	80	650	1×65	1×50	60	0.09	150	1240×458×805
V-0.1/10	0.1	1.0	1.5	82	600	1×75	1×45	55	0.063	150	1000×408×225
2V-0.225/14	0.225	1.4	2.2	80	555	1×90	1×50	85	0.12	198	1290×464×932
2V-0.25/10	0.25	1.0	2.2	77	608	1×90	1×50	85	0.15	200	
2V-0.3/10	0.30		3.0	80	1100	1×90	1×57	55	0.075	190	1200×450×880
V-0.3/10B	0.30		3.0		800	1×90	1×50	70	0.084	240	1200×600×1000
2V-0.3/15	0.30	1.5	3.0	81.4	1060	1×90	1×50	55	0.12	240	1250×560×1000
2V-0.38/14	0.38	1.4	4.0	80	949	1×90	1×50	85	0.15	200	394×510×965
2V-0.4/10	0.40	1.0	4.0	78	986	1×90	1×50	85	0.15	200	394×510×965
水冷固定式双级压缩											
1V-3/8	3	0.8	22		970	1×120	1×120	110	0.3	1038	1600×1200×1210
V-3/8					980				0.5	1038	1600×1200×1210
1V-3/8					980				0.3	994	1600×170×1230

注：1. 额定排气量是指标准状态下的空气流量。
2. 该重量和外形尺寸不包括储气罐。
3. 型号意义：



表 23.3-9　W 型风冷移动式空气压缩机技术规格

<table>
<tr><th rowspan="2">型　号</th><th rowspan="2">额定排气量①/m³·min⁻¹</th><th rowspan="2">额定排气压力/MPa</th><th rowspan="2">电动机功率/kW</th><th rowspan="2">噪声/dB</th><th rowspan="2">额定转速/r·min⁻¹</th><th colspan="2">气缸数×气缸直径/mm</th><th rowspan="2">行程/mm</th><th rowspan="2">压气机储气罐容积/m³</th><th rowspan="2">重量/kg</th><th rowspan="2">外形尺寸(L×W×H)/mm</th></tr>
<tr></tr>
<tr><td colspan="12">单 级 压 缩</td></tr>
<tr><td rowspan="3">3W-0.9/7</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="7">0.7</td><td rowspan="3"></td><td>78</td><td>855</td><td colspan="2" rowspan="7">3×90</td><td>85</td><td>0.18</td><td>300</td><td>1770×52×1100</td></tr>
<tr><td></td><td>1450</td><td>85</td><td>0.10</td><td>273</td><td>1160×630×930</td></tr>
<tr><td>84</td><td>1450</td><td>55</td><td>0.12</td><td>260</td><td>1160×630×930</td></tr>
<tr><td>W-0.9/7A
W-0.9/7B</td><td rowspan="4">0.9</td><td rowspan="4">7.5</td><td></td><td>1450</td><td>55</td><td>0.094</td><td>260</td><td>1200×660×1000</td></tr>
<tr><td>3WC-0.9/7</td><td>86</td><td>980</td><td>75</td><td>0.30</td><td>300</td><td>1730×570×1180</td></tr>
<tr><td>3W-0.9/TB</td><td>80</td><td>1250</td><td>55</td><td>0.13</td><td>280</td><td>1300×580×1000</td></tr>
<tr><td>3WF-0.9/7</td><td>86</td><td>900</td><td>80</td><td>0.126</td><td>300</td><td>540×560×1000</td></tr>
<tr><td colspan="12">双 级 压 缩</td></tr>
<tr><td>3W-0.55/14</td><td>0.55</td><td>1.4</td><td>5.5</td><td>78</td><td>685</td><td>一级</td><td>二级</td><td></td><td>0.17</td><td>281</td><td>1770×510×1040</td></tr>
<tr><td>3W-0.6/10</td><td>0.60</td><td>1.0</td><td>5.5</td><td>78</td><td>740</td><td rowspan="3">2×90</td><td rowspan="3">1×65</td><td rowspan="2">85</td><td>0.18</td><td>281</td><td>1770×510×1040</td></tr>
<tr><td>3W-0.75/14</td><td>0.75</td><td>1.4</td><td>7.5</td><td>79.5</td><td>900</td><td>0.18</td><td>316</td><td>1770×521×1100</td></tr>
<tr><td>3W-0.8/10</td><td>0.80</td><td rowspan="2">1.0</td><td>7.5</td><td>81</td><td>950</td><td rowspan="2">70</td><td>0.18</td><td>316</td><td>1770×510×1040</td></tr>
<tr><td>3W-1.6/10B</td><td>1.6</td><td>13.0</td><td>90</td><td>1460</td><td>2×115</td><td>1×90</td><td>0.168</td><td>400</td><td>1380×825×1150</td></tr>
</table>

① 标准状态下空气流量。

表 23.3-10　Z 型(立式)风冷移动式空气压缩机技术规格

<table>
<tr><th>型　号</th><th>额定排气量①/m³·min⁻¹</th><th>额定排气压力/MPa</th><th>电动机功率/kW</th><th>噪声/dB</th><th>额定转速/r·min⁻¹</th><th>气缸数×气缸直径/mm</th><th>行程/mm</th><th>压气机储气罐容积/m³</th><th>重量②/kg</th><th>外形尺寸(L×W×H)/mm</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Z-0.025/6</td><td rowspan="2">0.025</td><td rowspan="2">0.6</td><td rowspan="3">0.37</td><td rowspan="3">75</td><td>700</td><td>1×45</td><td>55</td><td>0.033</td><td>80</td><td>700×320×675</td></tr>
<tr><td>900</td><td>1×52</td><td>40</td><td>0.035</td><td>57</td><td>700×310×670</td></tr>
<tr><td>Z-0.03/7</td><td>0.03</td><td>0.7</td><td>1370</td><td>1×50</td><td>55</td><td>0.04</td><td>60</td><td>850×310×600</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Z-0.05/6</td><td rowspan="2">0.05</td><td rowspan="2">0.6</td><td rowspan="2">0.74
~
0.75</td><td rowspan="2">78</td><td>400</td><td>1×75</td><td>55</td><td>0.05</td><td>130</td><td>900×400×840</td></tr>
<tr><td>900</td><td>1×65</td><td>55</td><td>0.0325</td><td>59</td><td>700×310×670</td></tr>
<tr><td>ZD075</td><td>0.095</td><td rowspan="2">0.7</td><td>0.75</td><td>65</td><td>685</td><td>1×65</td><td>60</td><td>0.0625</td><td>100</td><td>1084×405×800</td></tr>
<tr><td>Z-0.2/7</td><td>0.20</td><td>2.2</td><td>75.8</td><td>960</td><td>1×90</td><td>55</td><td>0.065</td><td>160</td><td>1150×430×910</td></tr>
<tr><td>Z-0.2/10</td><td>0.20</td><td>0.7</td><td>2.2</td><td>85</td><td>840</td><td>1×90</td><td>55</td><td>0.066</td><td>130</td><td>1060×430×900</td></tr>
<tr><td>0.34/30BF</td><td>0.34</td><td>3.0</td><td>5.5</td><td></td><td></td><td>一级 1×108
二级 1×48</td><td></td><td></td><td>100</td><td>421×484×726</td></tr>
</table>

① 标准状态下空气流量。

② 此值为净重量。

表 23.3-11　活塞式无油润滑空气压缩机技术规格

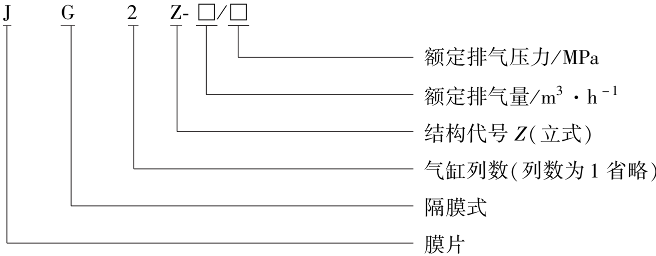
型式	型　号	额定排气量①/m³·min⁻¹	额定排气压力/MPa	电动机功率/kW	噪声/dB	额定转速/r·min⁻¹	气缸数×气缸直径/mm	行程/mm	压气机的储气罐容积/m³	重量②/kg	外形尺寸（$L\times W\times H$）/mm
风冷移动式	Z-0.015/5	0.015	0.5	0.18	75	1400	1×60	12	0.02	50	400×410×553
	Z-0.03/7	0.03	0.7	0.4	78	1420	1×60	20	0.03	65	658×380×655
	ZD-0.06/7	0.06	0.7	0.8	78	1380	2×60	20	0.04	72	690×426×655
水冷固定式	WZ-1.5/5	1.5	0.5	11		750			0.5		1650×680×1450
	2Z-3/8-1	3	0.8	22	85	730		120	0.3	820	2600×2400×1450

① 标准状态下空气流量。
② 该重量不包括电动机、储气罐的重量。

表 23.3-12　风冷无油润滑膜片式空气压缩机技术规格

型　号	额定排气量①/m³·min⁻¹	额定排气压力/MPa	电动机功率/kW	额定转速/r·min⁻¹	噪声/dB	膜片直径/mm	储气罐容积/m³	机组净重量/kg	外形尺寸（$L\times W\times H$）/mm
JGZ-1/3	16.7	0.3	0.18	1400	66	100	0.005	15	290×290×410
JG 2 Z-2/3	33.4	0.3	0.37	1400	75	100	0.01	31	548×340×410

① 标准状态下空气流量。
注：型号意义：



2　气动辅助元件

2.1　分水滤气器(二次过滤器)

分水滤气器是气动回路中用来清除气源中的水分、油分及固体杂质的辅件。

其工作原理见图 23.3-1，压缩空气经旋风叶片 1 进入存水杯 2 的内壁产生旋转，使混入空气中较大的水滴、油滴、固体杂质受离心力作用而分离。空气再经滤心 4 将残余的杂质除掉。积存在杯中的水、油等杂质通过手动(或自动)排水阀 5 放掉。

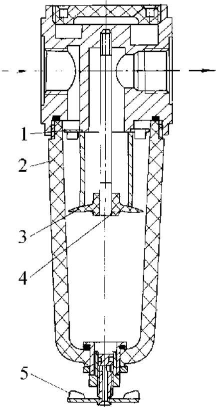


图 23.3-1　分水滤气器原理图
1—旋风叶片　2—存水杯
3—挡水板　4—滤心　5—手动排水阀

2.1.1　QL 系列分水滤气器

QL 系列分水滤气器技术规格见表 23.3-13，外形尺寸见表 23.3-14。

表 23.3-13　QL 系列分水滤气器技术规格

型号规格	QL1		QL2			QL3	
最高工作压力/MPa	1						
保证耐压力/MPa	1.5						
使用温度范围/℃	5～60						
过滤精度/μm	5、10、25、50						
水分离效率(%)	98						
排水容量/cm^3	12	45	80			110	
公称通径/mm	6	8	8	10	15	20	25
接口螺纹	$G^{1}/_{8}$	$G^{1}/_{4}$	$G^{1}/_{4}$	$G^{3}/_{8}$	$G^{1}/_{2}$	$G^{3}/_{4}$	G1
额定流量/$L \cdot min^{-1}$(标)	900	1200	2300	2600	2900	5000	5000

注：1. 排水容量为停气自动排水容量，若为手动排水时应不大于标尺高度。
2. 额定流量指进口压力0.7MPa，调定压力0.5MPa的情况下的流量(标准状态)。
3. 拆、装水(油)杯及防护罩，应在无压力状态下进行操作。

表 23.3-14　QL 系列分水滤气器外形尺寸　(mm)

型号	QL1	QL2	QL3
外形及尺寸			

2.1.2　QGL 系列精密分水滤气器

QGL 系列精密分水滤气器技术规格见表 23.3-15，外形尺寸见表 23.3-16。

表 23.3-15　QGL 系列精密分水滤气器技术规格

型　号	公称通径 /mm	最高使用压力 /MPa	过滤精度 /μm	过滤效率 (%)	工作温度 /℃	最大流量 /$m^3 \cdot h^{-1}$(标)	污水容量 /cm^3
QGL-8	8	1.00	0.3	99	5～60	20	25
QGL-10	10						
QGL-15	15						
QGL-20	20					40	70
QGL-25	25						

表 23.3-16　QGL 系列精密分水滤气器外形尺寸　　(mm)

型　号	M		L	L_1
QGL-8	M14×1.5	G1/4	173	80
QGL-10	M18×1.5	G3/8	173	80
QGL-15	M22×1.5	G1/2	173	80
QGL-20	M27×2	G3/4	219	115
QGL-25	M33×2	G1	219	115

2.1.3　QSL_a 系列高压分水滤气器

QSL_a 系列高压分水滤气器技术规格见表 23.3-17；外形尺寸见表 23.3-18。

表 23.3-17　QSL_a 系列高压分水滤气器技术规格

型　号	通径 /mm	连接螺纹 d	工作温度 /℃	最高输入压力 /MPa	分水效率 (%)	过滤精度 /μm
QSL_a-10～QSL_a-25	10～25	M16×1.5～M33×2	-5～50	3.0	>80	50

表 23.3-18　QSL_a 系列高压分水滤气器外形尺寸　　(mm)

型　号	通　径	连接螺纹 d	L	H	H_1	d_1
QSL_a-L10	10	M16×1.5	90	182	167	φ20
QSL_a-L15	15	M20×1.5	90	182	167	φ24
QSL_a-L20	20	M27×2	112	236	214	φ32
QSL_a-L25	25	M33×2	112	236	214	φ40

2.2　油雾器

油雾器是以气体为动力，向气动系统中的气动元件提供雾状润滑油的装置。它可在不关闭气路的状态下向油杯补充润滑油，油雾粒径不大于 50μm。

QY 系列油雾器技术规格见表 23.3-19，外形尺寸见表 23.3-20。

表 23.3-19　QY 系列油雾器技术规格

型　号	QY1		QY2			QY3	
最高工作压力/MPa	1						
保证耐压力/MPa	1.5						
使用温度/℃	5～60						
起雾流量①/$L \cdot min^{-1}$(ANR)	65	100	250			300	
贮油量/cm^3	20	85	170			350	
使用油	粘度为(15.8～50.3)×$10^{-6}m^2/s$ 的润滑油						
公称通径/mm	6	8	8	10	15	20	25
接口螺纹	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G1/2	G3/4	G1
额定流量②/$L \cdot min^{-1}$(ANR)	800	1000	2300	2600	2900	6000	6000

① 起雾流量指在进口压力 0.4MPa，润滑油量为 5 滴/min 时的空气流量。

② 额定流量指进口压力 0.7MPa，调定压力 0.5MPa 的情况下的流量。

表 23.3-20　QY 系列油雾器外形尺寸　（mm）

型　号	QY1	QY2	QY3
外形及尺寸	A 42 A G1/8 G1/4 37 121 40	A 45 175 63 A G1/4 G3/8 G1/2 63	95 90 66 13 45 A 254 A G3/4 G1 70 90 3.2 35 托架

2.3　气源调节装置

气源调节装置(俗称三联件是分水滤气器、减压阀、油雾器的组合件)在气动系统中起着过滤、调压及油雾化的作用。

2.3.1　QLPY 系列气源调节装置(三联件)

QLPY 系列三联件技术规格见表 23.3-21，外形尺寸见表 23.3-22。

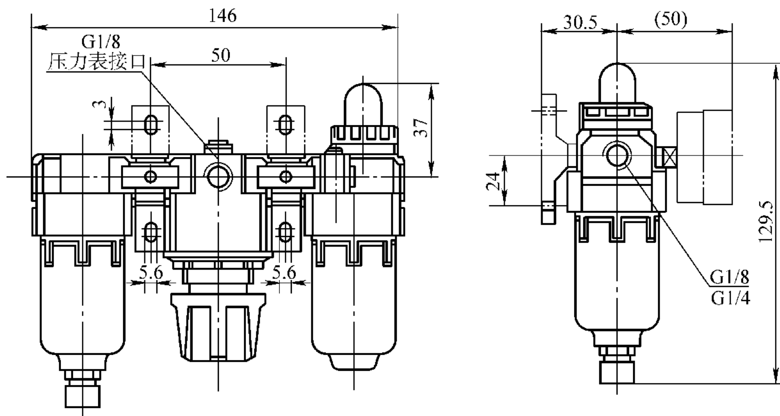
表 23.3-21　QLPY 系列气源调节装置(三联件)技术规格

<table>
<tr><td>型　　号</td><td colspan="2">QLPY1</td><td colspan="3">QLPY2</td><td colspan="2">QLPY3</td></tr>
<tr><td>最高工作压力/MPa</td><td colspan="7">1</td></tr>
<tr><td>保证耐压力/MPa</td><td colspan="7">1.5</td></tr>
<tr><td>使用温度范围/℃</td><td colspan="7">5 ~ 60</td></tr>
<tr><td>过滤精度/μm</td><td colspan="7">5、10、25、50</td></tr>
<tr><td>水分离效率(%)</td><td colspan="7">98</td></tr>
<tr><td>调压范围/MPa</td><td colspan="7">0.05 ~ 0.4，0.05 ~ 0.63，0.05 ~ 0.8</td></tr>
<tr><td>溢流压力</td><td colspan="7">高于调定压力的 15%</td></tr>
<tr><td>起雾流量①/$L \cdot min^{-1}$</td><td>65</td><td>100</td><td colspan="3">250</td><td colspan="2">300</td></tr>
<tr><td>贮油量/cm^3</td><td>20</td><td>85</td><td colspan="3">170</td><td colspan="2">350</td></tr>
<tr><td>排水容量/cm^3</td><td>12</td><td>45</td><td colspan="3">80</td><td colspan="2">110</td></tr>
<tr><td>使用油</td><td colspan="7">粘度为$(15.8 \sim 50.3) \times 10^{-6} m^2/s$ 的润滑油</td></tr>
<tr><td>公称通径/mm</td><td>6</td><td>8</td><td>8</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
<tr><td>接口螺纹</td><td>$G^1/_8$</td><td>$G^1/_4$</td><td>$G^1/_4$</td><td>$G^1/_8$</td><td>$G^1/_2$</td><td>$G^3/_4$</td><td>G1</td></tr>
<tr><td>额定流量②/$L \cdot min^{-1}$</td><td>600</td><td>1000</td><td>2200</td><td>2500</td><td>2800</td><td>5000</td><td>5000</td></tr>
</table>

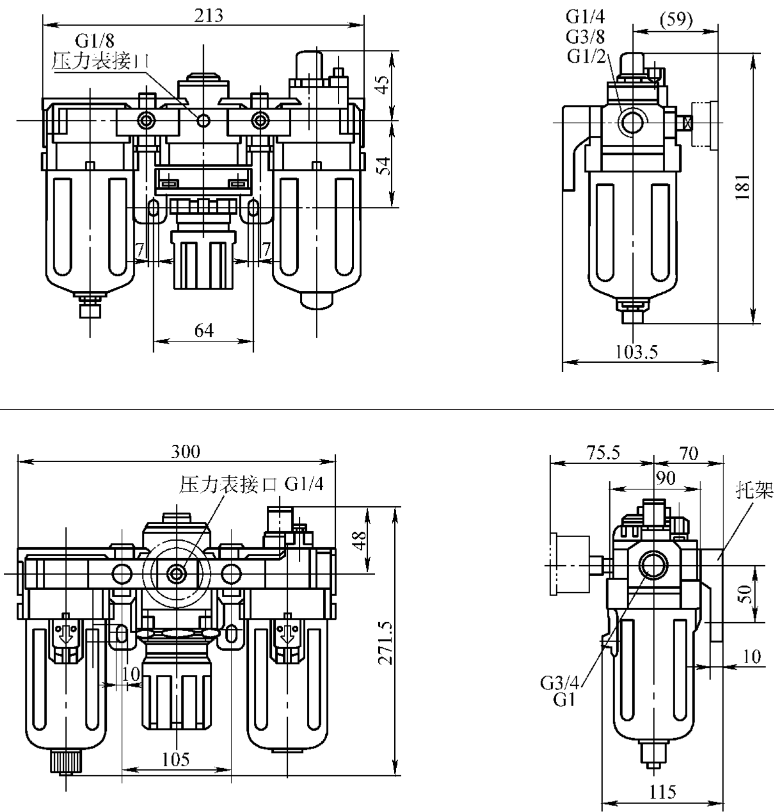
① 起雾流量指在进口压力 0.4MPa，润滑油量为 5 滴/min 时的空气流量。

② 额定流量指进口压力 0.7MPa，调定压力 0.5MPa 的情况下的流量(标准状态)。

表 23.3-22　QLPY 系列气源调节装置(三联件)外形尺寸　　(mm)



（续）



2.3.2　QFLJWB 系列气源调节装置(三联件)

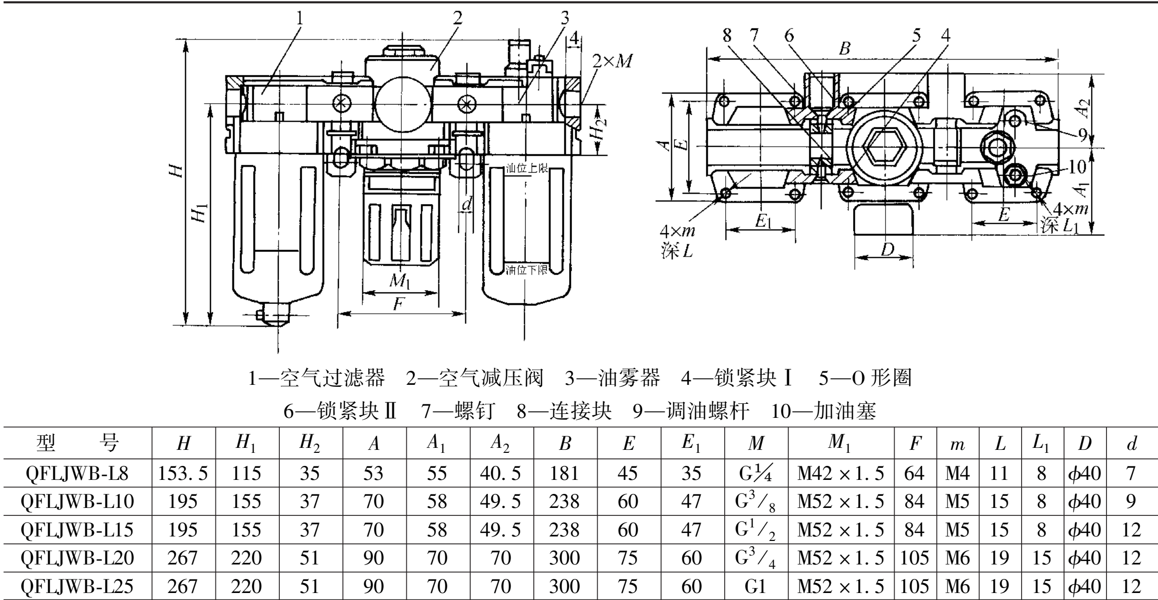
QFLJWB 系列三联件技术规格见表 23.3-23，外形尺寸见表 23.3-24。

表 23.3-23　QFLJWB 系列气源调节装置(三联件)技术规格

<table>
<tr><td>公称通径/mm</td><td>8、10、15、20、25</td><td rowspan="6">流量特性</td><td colspan="2">公称通径/mm</td><td>8</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
<tr><td>工作介质</td><td>压缩空气</td><td>进口压力/MPa</td><td>出口压力/MPa</td><td colspan="5">空气流量/$dm^3 \cdot min^{-1}$(ANR)</td></tr>
<tr><td>使用温度范围/℃</td><td>-25～80(但在不冻结条件下)</td><td rowspan="4">1.00</td><td>0.25</td><td>300</td><td>730</td><td>1090</td><td>1530</td><td>1800</td></tr>
<tr><td>最高进口压力/MPa</td><td>1</td><td>0.4</td><td>370</td><td>910</td><td>1270</td><td>1890</td><td>2070</td></tr>
<tr><td>调压范围/MPa</td><td>0.05～0.8</td><td>0.63</td><td>450</td><td>1125</td><td>1440</td><td>2070</td><td>2340</td></tr>
<tr><td>水分离效率(%)</td><td>≥80</td><td></td><td colspan="5">指出口压力降 0.1MPa 时，其最大流量不少于上值</td></tr>
<tr><td>过滤精度/μm</td><td>25～50</td><td rowspan="6">起雾流量</td><td colspan="7">滴油量约 5 滴/min 的空气流量不大于下值</td></tr>
<tr><td rowspan="6">压力特性</td><td rowspan="6">三联件输出流量稳定在给定值,其调定的输出压力随输入压力的变化而变化的值不大于 0.05MPa</td><td colspan="2">公称通径/mm</td><td>8</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
<tr><td colspan="2">进口压力/MPa</td><td colspan="5">起雾流量/$dm^3 \cdot min^{-1}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">0.25</td><td>105</td><td>110</td><td>170</td><td>200</td><td>330</td></tr>
<tr><td colspan="2">0.4</td><td>130</td><td>140</td><td>190</td><td>220</td><td>400</td></tr>
<tr><td colspan="2">0.63</td><td>180</td><td>210</td><td>220</td><td>280</td><td>500</td></tr>
<tr><td>润滑油流量调节</td><td colspan="7">输入工作压力 0.4MPa，出口流量为给定值时，其滴油量应在 0～120 滴/min 均匀可调</td></tr>
</table>

注：生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23. 3-24　QFLJWB 系列气源调节装置(三联件)外形尺寸　(mm)



1—空气过滤器　2—空气减压阀　3—油雾器　4—锁紧块Ⅰ　5—O 形圈
6—锁紧块Ⅱ　7—螺钉　8—连接块　9—调油螺杆　10—加油塞

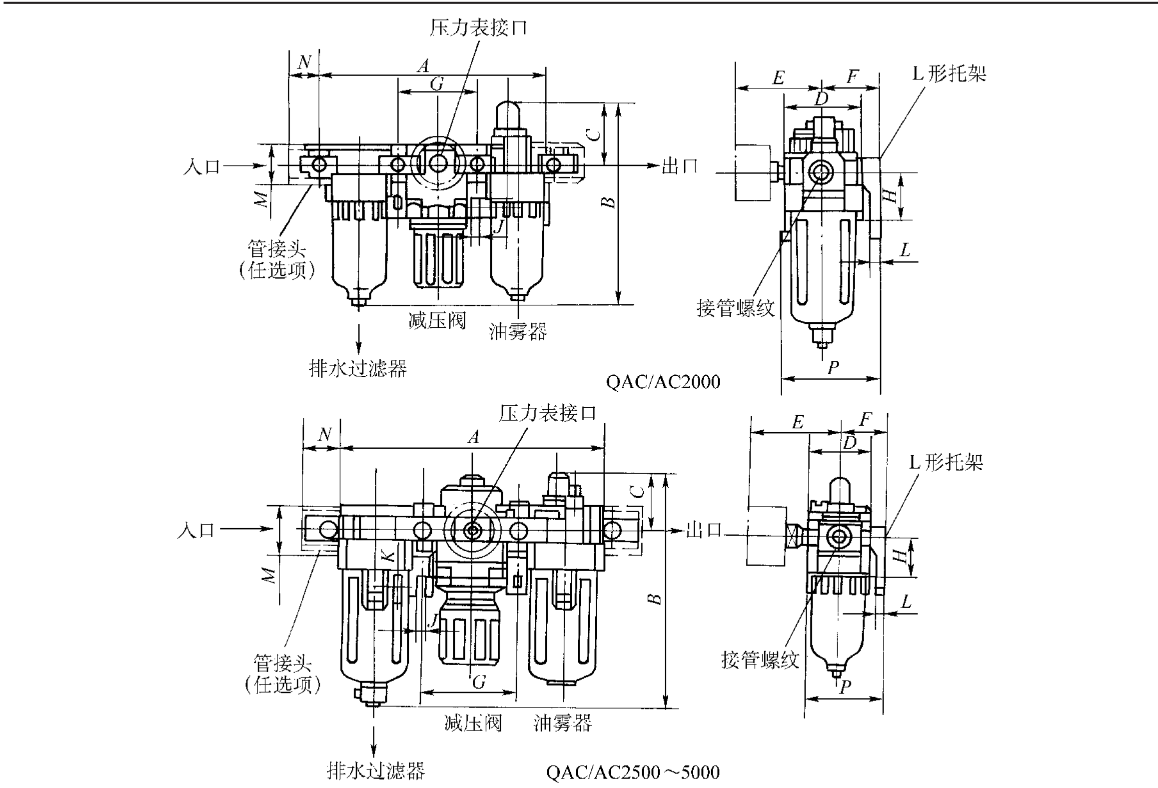
型　号	H	H_1	H_2	A	A_1	A_2	B	E	E_1	M	M_1	F	m	L	L_1	D	d
QFLJWB-L8	153. 5	115	35	53	55	40. 5	181	45	35	G¼	M42 × 1. 5	64	M4	11	8	ϕ40	7
QFLJWB-L10	195	155	37	70	58	49. 5	238	60	47	$G^3/_8$	M52 × 1. 5	84	M5	15	8	ϕ40	9
QFLJWB-L15	195	155	37	70	58	49. 5	238	60	47	$G^1/_2$	M52 × 1. 5	84	M5	15	8	ϕ40	12
QFLJWB-L20	267	220	51	90	70	70	300	75	60	$G^3/_4$	M52 × 1. 5	105	M6	19	15	ϕ40	12
QFLJWB-L25	267	220	51	90	70	70	300	75	60	G1	M52 × 1. 5	105	M6	19	15	ϕ40	12

注：气源调节装置也可分为空气过滤器(QSLB-L□)，空气减压阀(QTYB-L□)和油雾器(QYWB-L□)可单独供货。

2. 3. 3　QAC/AC 系列气源调节装置(三联件)

QAC/AC 系列三联件外形尺寸见表 23. 3-25。

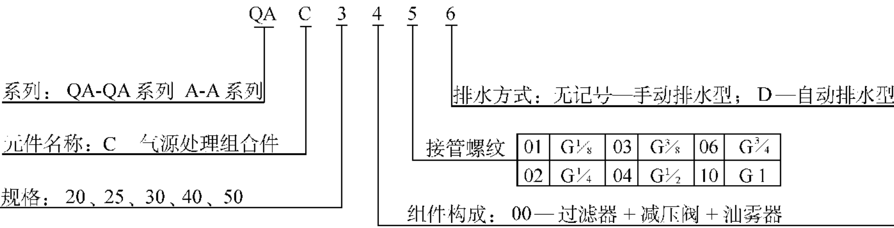
表 23. 3-25　QAC/AC 系列气源调节装置(三联件)外形尺寸　(mm)



（续）

型　号	接管螺纹	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*P*	连自动排水器	
																B(常开)	*B*(常闭)
QAC/AC2000	$G^1/_8 \sim {}^1/_4$	140	125	38	40	56.8	30	50	24	5.5	8.5	5	22	23	50	148	—
QAC/AC2500	$G^1/_4 \sim {}^3/_8$	181	156.5	38	53	60.8	41	64	35	7	11	7	34.2	26	70.5	182	189
QAC/AC3000	$G^1/_4 \sim {}^3/_8$	181	156.5	38	53	60.8	41	64	35	7	11	7	34.2	26	70.5		
QAC/AC4000-04	$G^1/_2$	238	191.5	41	70	65.5	50	84	40	9	13	7	42.2	33	88	217	224
QAC/AC5000	$G^3/_4 \sim 1$	300	271.5	48	90	75.5	70	105	50	12	16	10	55.2	40	115	297	304

注：型号意义：

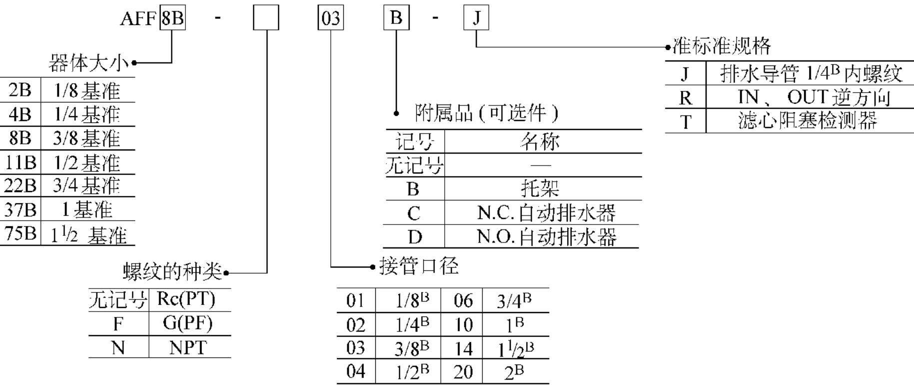


2.4　日本 SMC 公司气源处理元件

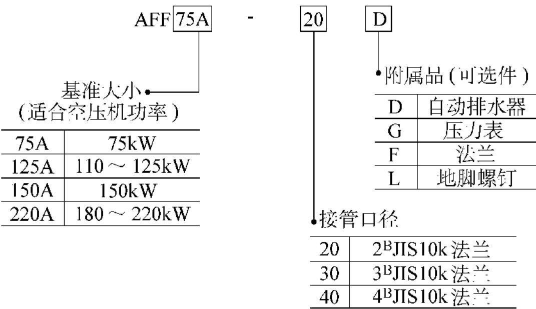
2.4.1　AFF 系列主路过滤器(1/8 ~4)

型号表示方法：

AFF2B ~ AFF75B

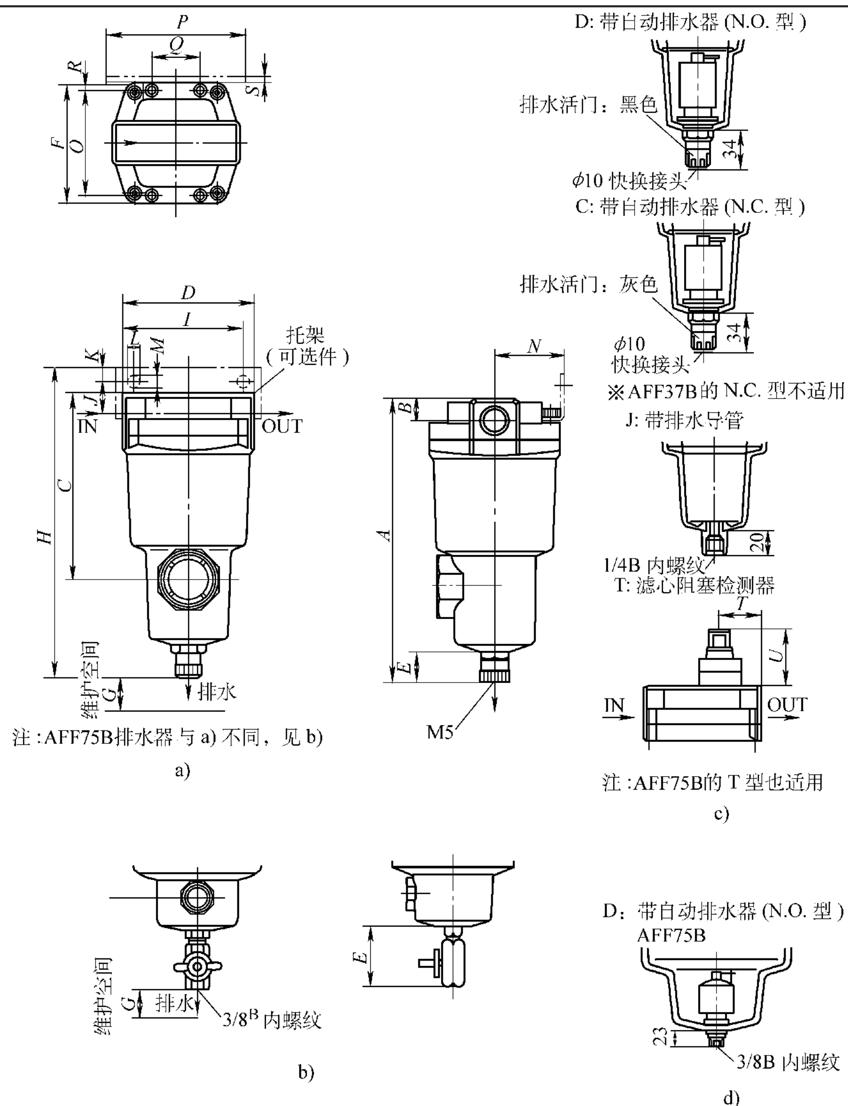


AFF75A ~ AFF220A



AFF 系列主路过滤器外形尺寸见表 23.3-26、表 23.3-27，技术参数见表 23.3-28。

表 23. 3-26　AFF2B ~ AFF75B 外形尺寸　（mm）



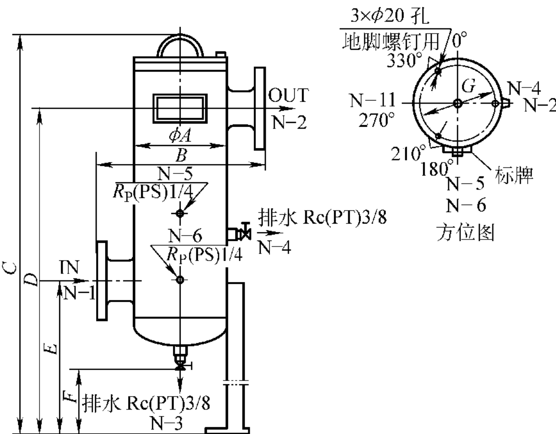
a）AFF2B ~ AFF75B　b）AFF75B 排水器外形　c）AFF2B ~ AFF37B 附属品　d）AFF75B 附属品

型号	接管口径（名义口径 B）	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	托架相关尺寸												滤心阻塞检测器相关尺寸	
									H	*I*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*Q*	*R*	*S*	*T*	*U*
AFF2B	1/8・1/4・3/8	159	13	100	63	20	63	10	166	56	15	5	9	5. 5	35	54	70	26	4. 5	1. 6	24	37
AFF4B	1/4・3/8	172	13	113	76	20	76	10	187	66	20	8	12	6	40	66	84	28	5	2. 0	27	37
	1/2	178	16	119	76	20	76	10	187	66	17	8	12	6	40	66	84	28	5	2. 0	27	37
AFF8B	3/8・1/2	204	16	145	90	20	90	10	218	80	22	8	14	7	50	80	100	34	5	2. 3	32	37
	1	210	19	151	90	20	90	10	218	80	19	8	14	7	50	80	100	34	5	2. 3	32	37
AFF11B	1/2・3/4	225	19	166	106	20	106	10	241	90	25	10	14	9	55	88	110	50	9	3. 2	37	37
	1	232	22	173	106	20	106	10	241	90	21	10	14	9	55	88	110	50	9	3. 2	37	37

（续）

型号	接管口径（名义口径B）	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	托架相关尺寸												滤心阻塞检测器相关尺寸	
									H	*I*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*Q*	*R*	*S*	*T*	*U*
AFF22B	3/4・1	259	22	200	122	20	122	10	277	100	30	10	16	9	65	102	130	60	10	4.5	39	37
AFF37B	1・1½	311	32	253	160	20	160	10	334	150	40	15	20	11	85	136	180	76	12	4.5	55	37
AFF75B	1½・2	460.5	42	348	220	57.5	220	10	463.5	180	30	15	24	13	120	184	220	110	18	6.0	75	37

表 23.3-27　AFF75A～AFF220A 外形尺寸　（mm）



型　　号	接 管 口 径	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
AFF75A	2^BJIS10^k 法兰	8^B	380	1125	935	505	265	184
AFF125A	3^BJIS10^k 法兰	8^B	380	1125	935	505	265	184
AFF150A	4^BJIS10^k 法兰	10^B	450	1178	980	540	265	236
AFF220A	4^BJIS10^k 法兰	12^B	500	1291	1070	670	325	282

表 23.3-28　AFF 系列主路过滤器技术参数

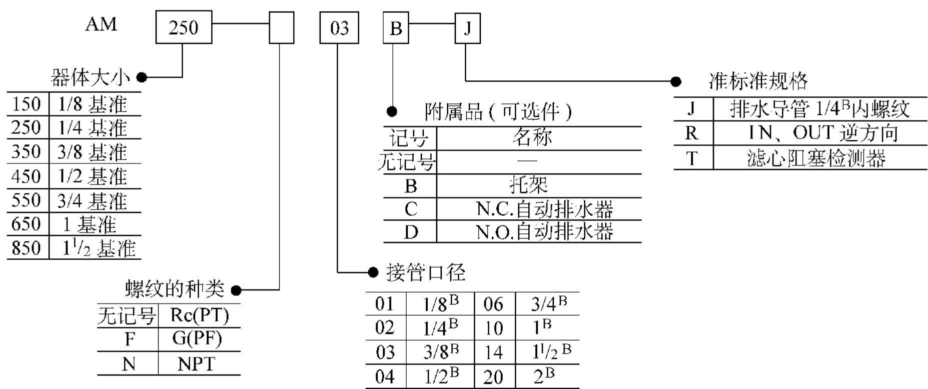
型　　号	AFF2B	AFF4B	AFF8B	AFF11B	AFF22B	AFF37B	AFF75B	AFF75A	AFF125A	AFF150A	AFF220A
额定流量①/L・min^{-1}（ANR）	300	750	1500	2200	3500	6000	12000	12000	22000	28000	42000
接管口径（名义口径B）	1/8・1/4・3/8	1/4・3/8・1/2	3/8・1/2・3/4	1/2・3/4・1	3/4・1	1・1½	1½・2	2^B 法兰	3^B 法兰	4^B 法兰	4^B 法兰
重量/kg	0.38	0.55	0.9	1.4	2.1	4.2	10.5	50	52	72	87
使用流体						压缩空气					
最高使用压力/MPa						1.0					
最低使用压力②/MPa						0.05					
耐压试验压力/MPa						1.5					
环境温度及使用流体温度/℃						5～60					
过滤精度/μm						3(95%捕捉粒径)					
滤心寿命						2年(A型为1年)或压力降达0.1MPa时					

① 压力0.7MPa时的最大流量，最大流量与使用压力有关。

② 带自动排水器(N.O.型)的为0.15MPa。

2.4.2　AM 系列油雾分离器(1/8 ~2)

型号表示方法：



AM 系列油雾分离器技术参数见表 23. 3-29，外形尺寸见表 23. 3-30。

表 23. 3-29　AM 系列油雾分离器技术参数

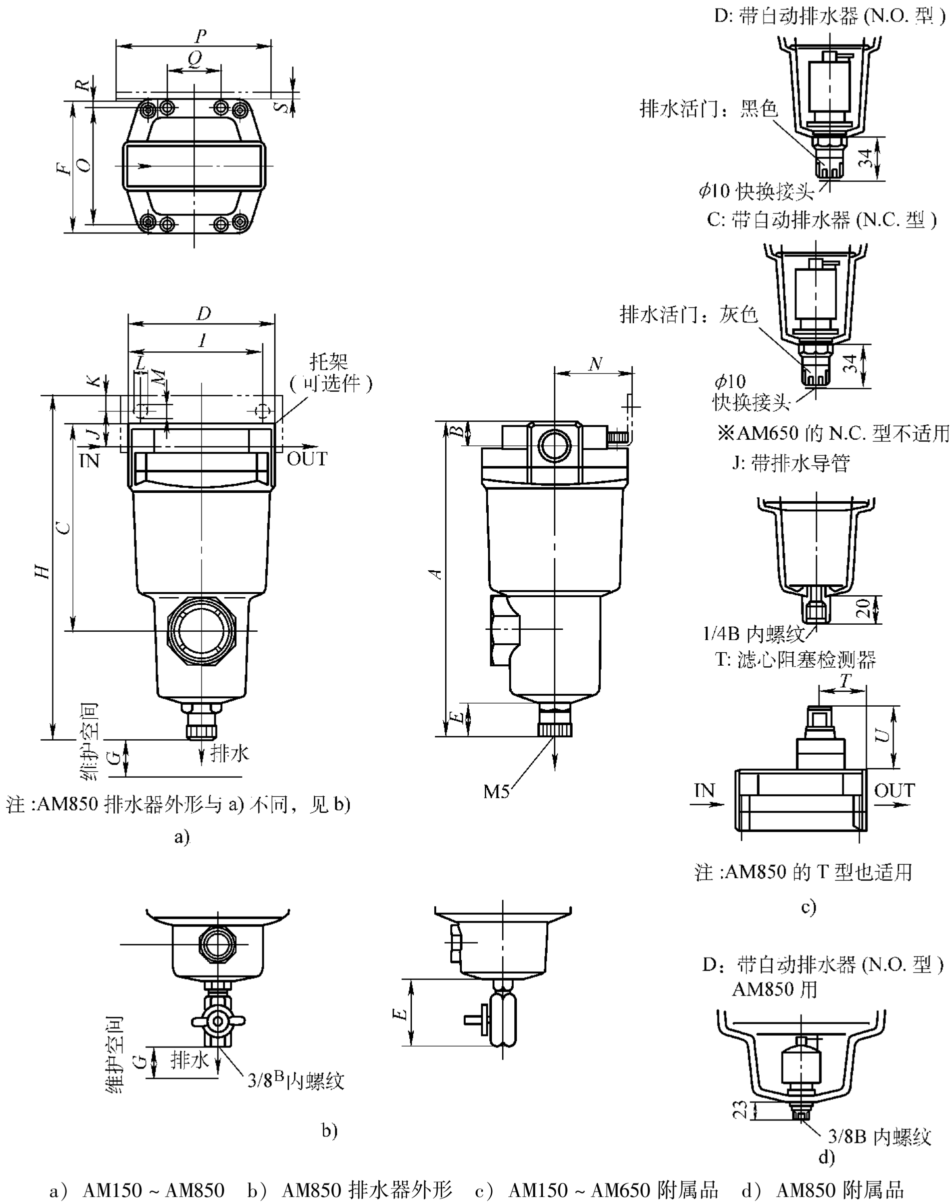
型　　号	AM150	AM250	AM350	AM450	AM550	AM650	AM850
额定流量 /L · min^{-1}(ANR)①	300	750	1500	2200	3500	6000	12000
接管口径 (名义口径 B)	1/8 · 1/4 · 3/8	1/4 · 3/8 · 1/2	3/8 · 1/2 · 3/4	1/2 · 3/4 · 1	3/4 · 1	1 · 1½	1½ · 2
重量/kg	0. 38	0. 55	0. 9	1. 4	2. 1	4. 2	10. 5
使用流体	压缩空气						
最高使用压力/MPa	1. 0						
最低使用压力②/MPa	0. 05						
耐压试验压力/MPa	1. 5						
环境温度及使用流体温度/℃	5 ~60						
过滤精度/μm	0. 3(95% 捕捉粒径)						
2 次侧油雾浓度/mg · m$^{3-1}$	最大 1. 0(ANR)③						
滤心寿命	2 年或压力降为 0. 1MPa 时						

① 压力 0. 7MPa 时的最大流量，最大流量与使用压力有关。

② 带自动排水器为(N. O. 型)的 0. 15MPa。

③ 空压机输出油雾浓度 30mg/m^3(ANR)时。

表 23.3-30　AM 系列油雾分离器外形尺寸表　（mm）



a）AM150～AM850　b）AM850 排水器外形　c）AM150～AM650 附属品　d）AM850 附属品

型号	接管口径（名义口径 B）	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	托架相关尺寸												滤心阻塞检测器相关尺寸	
									H	*I*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*Q*	*R*	*S*	*T*	*U*
AM150	1/8・1/4・3/8	159	13	100	63	20	63	10	166	56	15	5	9	5.5	35	54	70	26	4.5	1.6	24	37
AM250	1/4・3/8	172	13	113	76	20	76	10	187	66	20	8	12	6	40	66	84	28	5	2.0	27	37
	1/2	178	16	119	76	20	76	10	187	66	17	8	12	6	40	66	84	28	5	2.0	27	37
AM350	3/8・1/2	204	16	145	90	20	90	10	218	80	22	8	14	7	50	80	100	34	5	2.3	32	37
	1	210	19	151	90	20	90	10	218	80	19	8	14	7	50	80	100	34	5	2.3	32	37
AM450	1/2・3/4	225	19	166	106	20	106	10	241	90	25	10	14	9	55	88	110	50	9	3.2	37	37
	1	232	22	173	106	20	106	10	241	90	21	10	14	9	55	88	110	50	9	3.2	37	37

（续）

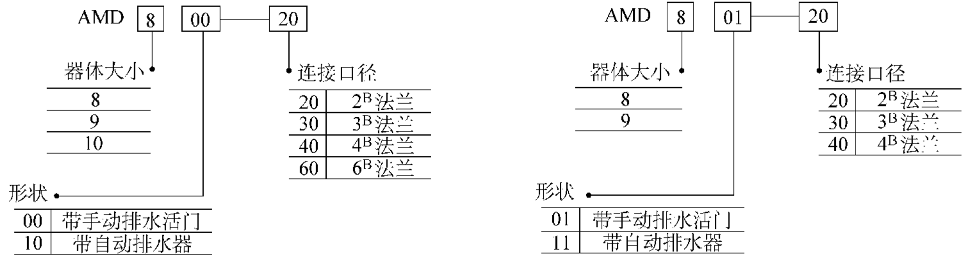
型号	接管口径（名义口径 B）	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	托架相关尺寸												滤心阻塞检测器相关尺寸	
									H	*I*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*Q*	*R*	*S*	*T*	*U*
AM550	3/4 · 1	259	22	200	122	20	122	10	277	100	30	10	16	9	65	102	130	60	10	4.5	39	37
AM650	1 · 1½	311	32	253	160	20	160	10	334	150	40	15	20	11	85	136	180	76	12	4.5	55	37
AM850	1½ · 2	460.5	42	348	220	57.5	220	10	463.5	180	30	15	24	13	120	184	220	110	18	6.0	75	37

2.4.3　AMD 系列微雾分离器(1/8 ~6)

型号表示方法：

AMD150 ~ AMD850





AMD 系列微雾分离器的技术参数见表 23.3-31，外形尺寸见表 23.3-32、表 23.3-33。

表 23.3-31　AMD 系列微雾分离器技术参数

型　　号	AMD150	AMD250	AMD350	AMD450	AMD550	AMD650	AMD850
额定流量/L · min^{-1}(ANR)①	200	500	1000	2000	3500	6000	12000
接管口径(名义口径 B)	1/8 · 1/4 · 3/8	1/4 · 3/8 · 1/2	3/8 · 1/2 · 3/4	1/2 · 3/4 · 1	3/4 · 1	1 · 1½	1½ · 2
重量/kg	0.38	0.55	0.9	1.4	2.1	4.2	10.5

型　　号	AMD800	AMD900	AMD1000	AMD801	AMD901
额定流量/L · min^{-1}(ANR)①	8000	24000	40000	8000	24000
接管口径(名义口径 B)	2^B 法兰	2^B · 3^B · 4^B 法兰	4^B · 6^B 法兰	2^B 法兰	2^B · 3^B · 4^B 法兰
重量/kg	100	220	430	50	140

（续）

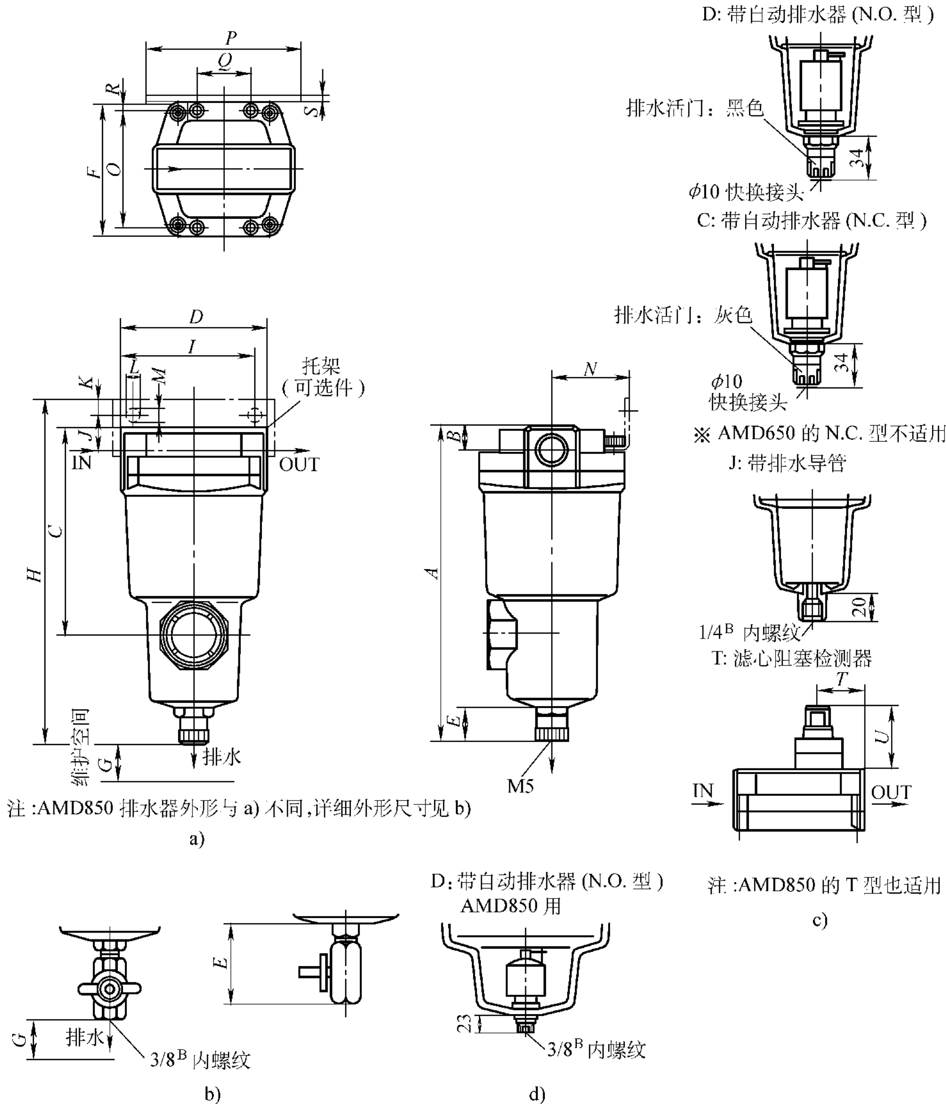
使用流体	压缩空气
最高使用压力/MPa	1.0
最低使用压力②/MPa	0.05
耐压试验压力/MPa	1.5
环境温度及使用流体温度/℃	5~60
过滤精度/μm	0.01(95%捕捉粒径)
二次侧油雾浓度/mg·m^{3} $^{-1}$	最大 0.1(ANR)③ 油饱和前为 0.01(ANR)以下
滤心寿命	2 年或压力降为 0.1MPa 时

① 压力 0.7MPa 时的最大流量，最大流量与使用压力有关。

② 带自动排水器(N.O. 型)的为 0.15MPa。

③ 空压机输出油雾浓度 30mg/m^3(ANR)时。

表 23.3-32　AMD 系列微雾分离器外形尺寸　（mm）

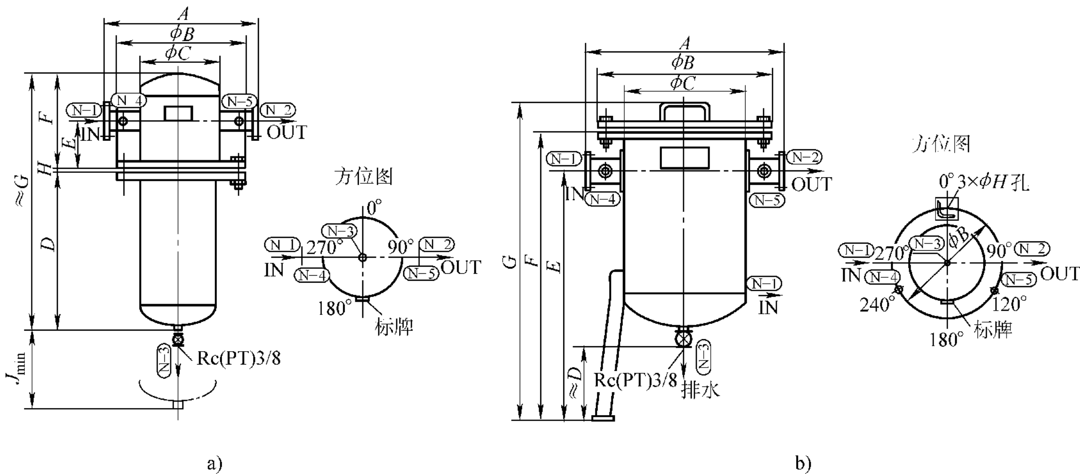


a） AMD150~AMD850　b） AMD850 排水器外形　c） AMD150~AMD650 附属品　d） AMD850 附属品

（续）

型号	接管口径（名义口径 B）	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	托架相关尺寸												滤心阻塞检测器相关尺寸	
									H	*I*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*Q*	*R*	*S*	*T*	*U*
AMD150	1/8・1/4・3/8	159	13	100	63	20	63	10	166	56	15	5	9	5.5	35	54	70	26	4.5	1.6	24	37
AMD250	1/4・3/8	172	13	113	76	20	76	10	187	66	20	8	12	6	40	66	84	28	5	2.0	27	37
	1/2	178	16	119	76	20	76	10	187	66	17	8	12	6	40	66	84	28	5	2.0	27	37
AMD350	3/8・1/2	204	16	145	90	20	90	10	218	80	22	8	14	7	50	80	100	34	5	2.3	32	37
	1	210	19	151	90	20	90	10	218	80	19	8	14	7	50	80	100	34	5	2.3	32	37
AMD450	1/2・3/4	225	19	166	106	20	106	10	241	90	25	10	14	9	55	88	110	50	9	3.2	37	37
	1	232	22	173	106	20	106	10	241	90	21	10	14	9	55	88	110	50	9	3.2	37	37
AMD550	3/4・1	259	22	200	122	20	122	10	277	100	30	10	16	9	65	102	130	60	10	4.5	39	37
AMD650	1・1½	311	32	253	160	20	160	10	334	150	40	15	20	11	85	136	180	76	12	4.5	55	37
AMD850	1½・2	460.5	42	348	220	57.5	220	10	463.5	180	30	15	24	13	120	184	220	110	18	6.0	75	37

表 23.3-33　AMD801 ~ AMD1000 外形尺寸　　（mm）



a)　　b)

a）AMD801・901　b）AMD800・900・1000

型号	连接（法兰）	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	地脚螺钉
AMD801	2^{B}	400	280	6^{B}	760	150	270	1033	3	887	—
AMD901	2^{B}・3^{B}・4^{B}	620	445	12^{B}	795	300	520	1318	3	972	—
AMD800	2^{B}・3^{B}	500	300	8^{B}	300	1300	1430	1520	20	—	M16×400
AMD900	2^{B}・3^{B}・4^{B}	720	560	400	300	1320	1480	1585	24	—	M20×500
AMD1000	4^{B}・6^{B}	870	745	550	300	1380	1610	1740	24	—	M20×500

2.4.4　AD 系列自动排水器（1/4 ~ 1）

AD 系列自动排水器技术参数见表 23.3-34，外形尺寸见图 23.3-2、图 23.3-3。

表 23.3-34　AD 系列自动排水器技术参数表

型　　号	AD402	AD600
耐压试验压力/MPa	1.5	1.5
最高使用压力/MPa	1.0	1.0
动作压力范围①/MPa	0.1～1.0	0.3～1.0
环境温度及使用空气温度/℃	-5～+60(未冻结时)	-5～+60(未冻结时)
连接口径	Rc(PT)1/4・3/8・1/2	Rc(PT)3/4・1
排水口径	3/8	3/4・1
重量/g	620	2100

① 400L・min^{-1}(ANR)时的动作压力范围。

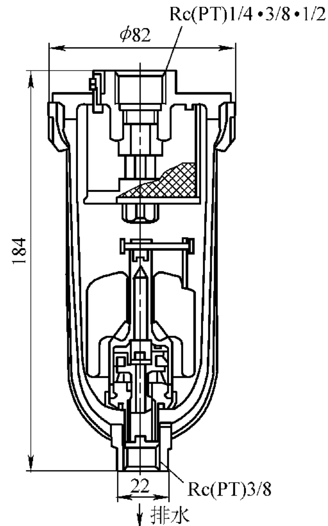


图 23.3-2　AD402 外形尺寸图

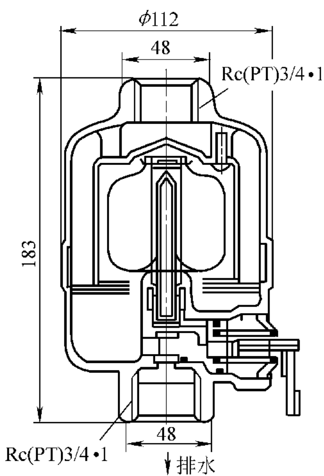


图 23.3-3　AD600 外形尺寸图

2.4.5　AC 新系列空气组合元件(M5～1)

型号表示方法：

AC　30　A - F　03　DE - KV - 12R

空气组合元件

组合件大小

10	M5
20	1/8
25	1/4
30	3/8
40	1/2
50	3/4
55	1
60	1

准标准规格

记号	内　　容	适合型号
1④	0.02～0.2MPa 设定	AC10□～60□
2	金属杯	AC10□～60□
3	油雾器上带排水阀	AC10□～60□
6	杯・滴油窗的材质:尼龙	AC10□～60□
8	带液位计的金属杯	AC25□～60□
C	杯带保护罩	AC20□
J⑤	排水导管口径¼	AC25□～60□
N	非溢流型	AC10□～60□

元件的构成

记号	元件的构成				
	空气过滤器	减压阀	油雾器	过滤减压器	油雾分离器
无记号	①	②	③	—	—
A	—	—	②	①	—
B	①	②	—	—	—
C	①	③	—	—	②
D	—	—	—	①	②

注：○内的数字表示从上流侧(一次侧)起的构成顺序。

螺纹的种类

无记号	米制螺纹(M5)
	Rc
N①	NPT
F②	G

① 排水导管是 NPT¼(AC25～60 上适用)。自动排水的排出口带 $\phi3/8^{in}$ 快换接头(AC25～60 上适用)。

② 排水导管是 G¼(AC25～60 上适用)。

接管口径

M5	M5×0.8
01	1/8
02	1/4
03	3/8
04	1/2
06	3/4
10	1

可选项

记号	内　　容	适合型号
无记号	—	—
C	浮子式自动排水器(N. C.)	AC10□～60□
D	浮子式自动排水器(N. O.)	AC25□～60□
E	带埋入式方形压力表(带限位指示器)	AC20□～60□
G③	带圆形压力表(无限位指示器)	AC10□
	带圆形压力表(带限位指示器)	AC20□～60□
R	流动方向:右→左	AC10□～60□
W	排水阀上带倒钩接头(用 $\phi6/\phi4$ 尼龙管)	AC25□～60□
Z⑥	产品标牌、杯注意指示压力表的单位表记 PSI·℉	AC10□～60□

③ 压力表安装螺纹：AC10 为1/16，AC20～30 为⅛，AC40～60为¼。压力表同包出厂，不安装。

④ 和标准规格的区别仅调压弹簧不同。0.2MPa 以上的压力不能设定。

⑤ 没有阀的功能。

⑥ 螺纹种类为 M5、NPT。

注：同时具有多种规格的场合，按数字及字母顺序排列表示。

附件

记号	名称	附件的安装位置	适合型号	中间取出气口连接口径
无记号	无	—	—	—
K	单向阀	AF+AR+[K]+AL	AC20～40	AC20□：⅛ AC25□：¼ AC30□：¼ AC40□：⅜
		AW+[K]+AL	AC20A～40A	
S	压力开关	AF+AR+[S]+AL	AC20～60	—
		AW+[S]+AL	AC20A～40A	
		AF+[S]+AR	AC20B～60B	
		AF+AFM+[S]+AR	AC20C～40C	
		AW+[S]+AFM	AC20D～40D	
T	T形隔板	AF+[T]+AR+AL	AC10～60	AC10□：M5×0.8 AC20□：⅛ AC25□：¼ AC30□：¼ AC40□：⅜ AC50□：⅜ AC55□：½ AC60□：½
		AF+[T]+AR	AC10B～60B	
		AF+AFM+[T]+AR	AC20C～40C	
V	残压释放3通阀	AF+AR+AL+[V]	AC20～40	—
		AW+AL+[V]	AC20A～40A	
		AF+AR+[V]	AC20B～40B	
		AF+AFM+AR+[V]	AC20C～40C	
		AW+AFM+[V]	AC20D～40D	

注：1. 2个及2个以上记号的场合，按字母顺序排列。配管接头、配管接头带压力开关及4通隔板，另行表示。

2. AC□B 上同时使用压力开关、T形隔板的场合，另行商谈。

3. 安装T形隔板及压力开关，托架位置是不同的，另行表示。

AC 新系列空气组合元件技术参数见表 23.3-35，外形尺寸见表 23.3-36。

表 23.3-35　AC 新系列空气组合元件技术参数

型　　号		AC10	AC20	AC25	AC30	AC40	AC40-06	AC50	AC55	AC60
构成元件	空气过滤器	AF10	AF20	AF30	AF30	AF40	AF40-06	AF50	AF60	AF60
	减压阀	AR10	AR20	AR25	AR30	AR40	AR40-06	AR50	AR50	AR60
	油雾器	AL10	AL20	AL30	AL30	AL40	AL40-06	AL50	AL60	AL60

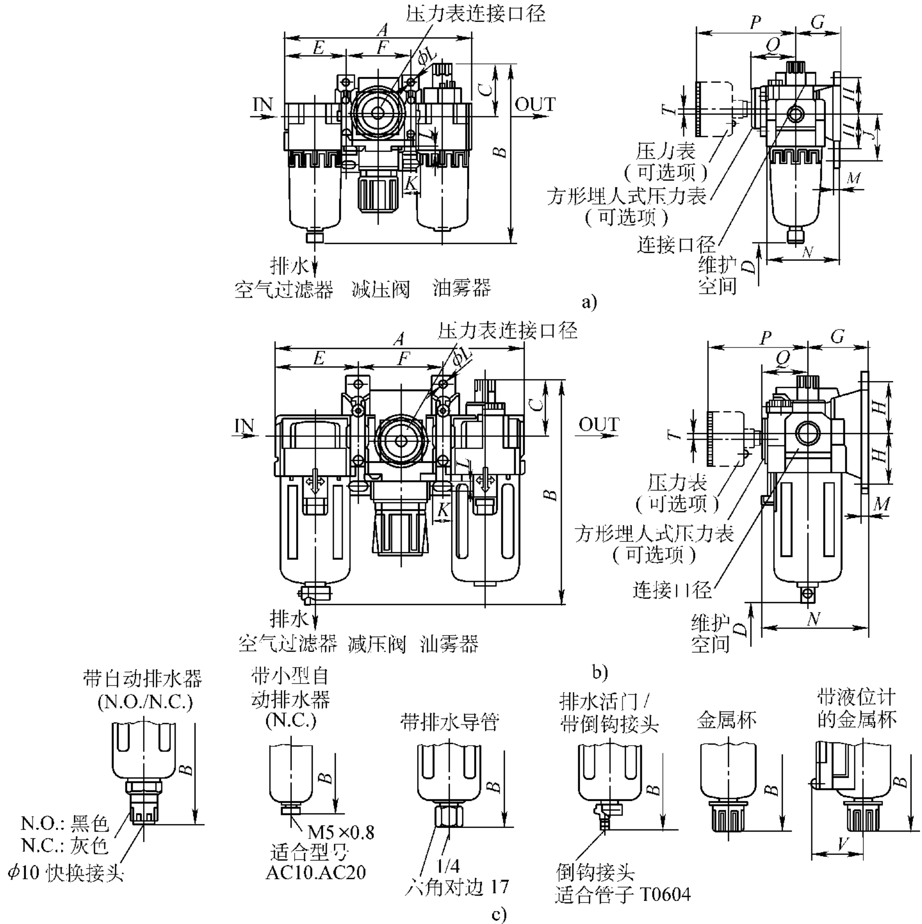
（续）

型　号	AC10	AC20	AC25	AC30	AC40	AC40-06	AC50	AC55	AC60
连接口径	M5×0.8	1/8・1/4	1/4・3/8	1/4・3/8	1/4・3/8・1/2	3/4	3/4・1	1	1
压力表连接口径①	1/16	1/8	1/8	1/8	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
使用流体	空气								
耐压试验压力/MPa	1.5								
最高使用压力/MPa	1.0								
设定压力范围/MPa	0.05～0.7	0.05～0.85							
溢流压力/MPa	设定压力② +0.05（溢流流量 0.1L/min（ANR）时）								
环境温度及使用流体温度/℃	−5～60（未冻结时）								
过滤精度/μm	5								
推荐使用油	透平 1 号油（ISO VG32）								
杯材质	聚碳酸酯								
构造/减压阀	溢流型								
重量/kg	0.27	0.73	0.91	1.00	1.74	1.95	4.17	4.25	4.34
附属品　杯的保护罩	—	—	●	●	●	●	●	●	●

① 带埋入式方形压力表（AC20～AC60）的场合，压力表没有连接螺纹。

② AC10 除外。

表 23.3-36　AC 新系列空气组合元件外形尺寸　　（mm）



a）AC10・20　b）AC25・30・40・50・55・60　c）准标准规格

（续）

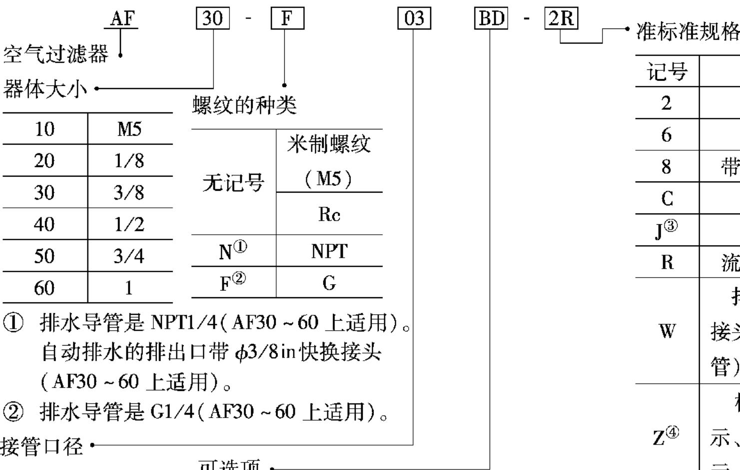
型号	连接口径	标准规格												
		A	*B*	*C*	*D*	托架安装尺寸								
						E	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*
AC10	M5×0.8	87	85	26	50	28	31	25	20	27	7	4.5	2.8	40
AC20	1/8・1/4	126	123	36	80	41.5	43	30	24	33	12	5.5	3.2	50
AC25	1/4・3/8	167	153	38	80	55	57	41	35	—	14	7	4	71
AC30	1/4・3/8	167	153	38	80	55	57	41	35	—	14	7	4	71
AC40	1/4・3/8・1/2	220	187	40	105	72.5	75	50	40	—	18	9	4	88
AC40-06	3/4	235	187	38	105	77.5	80	50	40	—	18	9	4.6	88
AC50	3/4・1	282	264	43	105	93	96	70	50	—	20	11	6.4	115
AC55	1	292	279	45	105	98	96	70	50	—	20	11	6.4	117.5
AC60	1	297	280	46	105	98	101	70	50	—	20	11	6.4	117.5

型号	可选项规格				准标准规格②				
	带压力表			带自动排水器	倒钩接头	带排水导管	金属杯	带液位计的金属杯	
	P	*Q*	*T*	*B*	*B*	*B*	*B*	*B*	*V*
AC10	26	—	0	104	—	—	85	—	—
AC20	65	29.5	2①	141	—	—	123	—	—
AC25	64	28.5	0	194	161	160	166	186	38
AC30	66	30.5	3.5	194	161	160	166	186	38
AC40	74	35	3.5	226	195	194	200	220	45
AC40-06	74	35	3	226	195	194	200	220	45
AC50	84	44.5	3.3	303	272	271	276	296	45
AC55	84	44.5	3.3	318	287	286	292	312	45
AC60	84	44.5	3.3	318	288	287	293	313	45

① 仅 AC20 的压力表位置在配管中心线的上侧。
② 准标准规格的场合（带倒钩接头、带排水导管、带金属杯、带液位计），总长尺寸 B 改变。

2.4.6　AF 新系列空气过滤器（M5～1）

型号表示方法：



器体大小：

10	M5
20	1/8
30	3/8
40	1/2
50	3/4
60	1

螺纹的种类：

无记号	米制螺纹（M5）
	Rc
N①	NPT
F②	G

① 排水导管是 NPT1/4（AF30～60 上适用）。自动排水的排出口带 ϕ3/8in 快换接头（AF30～60 上适用）。
② 排水导管是 G1/4（AF30～60 上适用）。

接管口径：

M5	M5×0.8
01	1/8
02	1/4
03	3/8
04	1/2
06	3/4
10	1

可选项：

记号	名　　称	适合型号
无记号	—	—
B	带托架	AF20～60
C	浮子式自动排水器（N.C.）	AF10～60
D	浮子式自动排水器（N.O.）	AF30～60

准标准规格：

记号	内　　容	适合型号
2	金属杯	AF10～60
6	尼龙杯	AF10～60
8	带液位计的金属杯	AF30～60
C	带杯保护罩	AF20
J③	排水导管 1/4	AF30～60
R	流动方向：右→左	AF10～60
W	排水活门上带倒钩接头（用 ϕ6/ϕ4 尼龙管）	AF30～60
Z④	标牌、杯注意指示、压力表的单位表示：PSI，℉	AF10～60

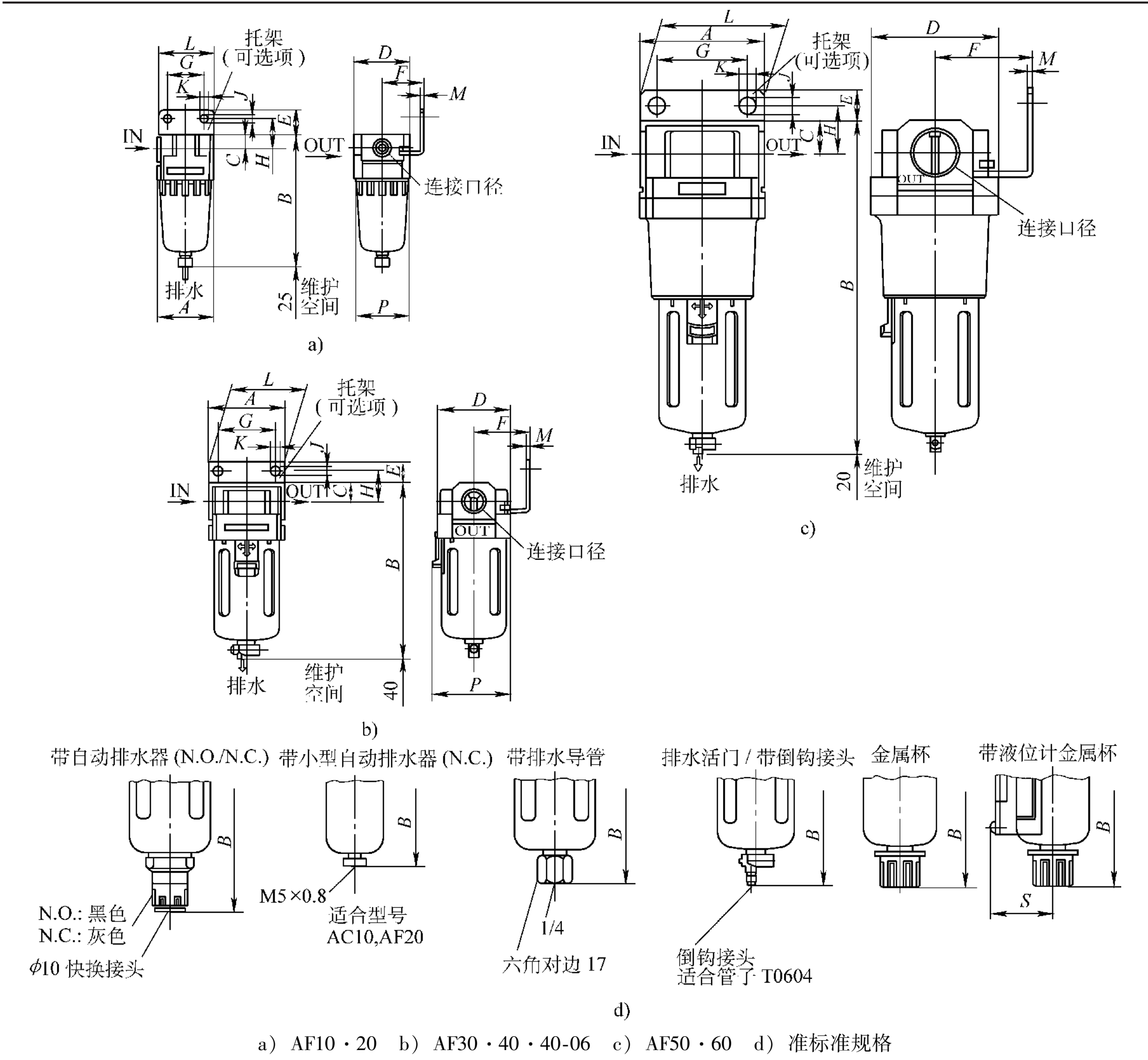
③ 不带阀的功能。
④ 螺纹种类为 M5、NPT。
注：多种规格的场合，按数字及字母顺序排列表示。

AF新系列空气过滤器技术参数见表23.3-37，外形尺寸见表23.3-38。

表23.3-37　AF新系列空气过滤器技术参数

型　　号		AF10	AF20	AF30	AF40	AF40-06	AF50	AF60
连接口径		M5×0.8	1/8·1/4	1/4·3/8	1/4·3/8·1/2	3/4	3/4·1	1
使用流体		空气						
耐压试验压力/MPa		1.5						
最高使用压力/MPa		1.0						
环境温度及使用流体温度/℃		-5~60(未冻结时)						
过滤精度/μm		5						
杯材质		聚碳酸酯						
冷凝水贮留量/cm^3		2.5	8	25	45	45	45	45
重量/kg		0.06	0.18	0.22	0.45	0.49	0.99	1.05
附属品	杯保护罩	—	—	●	●	●	●	●

表23.3-38　AF新系列空气过滤器外形尺寸　　(mm)



a）AF10·20　b）AF30·40·40-06　c）AF50·60　d）准标准规格

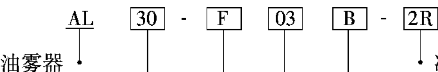
（续）

型号	连接口径	标准规格					可选项规格								
							托架安装尺寸								带自动排水器
		A	*B*	*C*	*D*	*P*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*	*M*	*B*
AF10	M5×0.8	25	67	7	25	28	—	—	—	—	—	—	—	—	85
AF20	1/8・1/4	40	97	10	40	—	18	30	27	22	5.4	8.4	40	2.3	115
AF30	1/4・3/8	53	129	14	53	57	16	41	40	23	6.5	8	53	2.3	170
AF40	1/4・3/8・1/2	70	165	18	70	73	17	50	54	26	8.5	10.5	70	2.3	204
AF40-06	3/4	75	169	20	70	73	14	50	54	25	8.5	10.5	70	2.3	208
AF50	3/4・1	90	245	24	90	—	23	70	66	35	11	13	90	3.2	284
AF60	1	95	258	24	95	—	23	70	66	35	11	13	90	3.2	297

型号	准标准规格				
	带排水导管	倒钩接头	金属杯	带液位计金属杯	
	B	B	B	B	S
AF10	—	—	66	—	—
AF20	—	—	97	—	—
AF30	136	137	142	162	38
AF40	172	173	178	198	45
AF40-06	176	177	182	202	45
AF50	252	253	258	278	45
AF60	265	266	271	291	45

2.4.7　AL 新系列油雾器(M5～1)

型号表示方法：



油雾器

器体大小

10	M5
20	1/8
30	3/8
40	1/2
50	3/4
60	1

螺纹的种类

无记号	公制螺纹（M5）
	Rc
N	NPT
F	G

接管口径

M5	M5×0.8
01	1/8
02	1/4
03	3/8
04	1/2
06	3/4
10	1

可选项

记号	名　称	适合型号
无记号	—	—
B	带托架	AL20～60

准标准规格

记号	内　容	适合型号
1	1000cm³ 油箱	AL30～60
10	1000cm³ 油箱带液位开关(下限 ON)	AL30～60
11	1000cm³ 油箱带液位开关(下限 OFF)	AL30～60
2	金属杯	AL10～60
3	带排水阀	AL10～60
6	尼龙杯(含滴油窗)	AL10～60
8	带液位计的金属杯	AL30～60
C	带杯保护罩	AL20
R	流动方向：右→左	AL10～60
3W	排水阀上带倒钩接头(用 $\phi6\times\phi4$ 尼龙管)	AL30～60
Z①	产品标牌、杯注意指示的单位表示：PSI，℉	AL10～60

注：多种规格的场合，按数字及字母顺序排列表示。

① 螺纹种类为 M5、NPT。

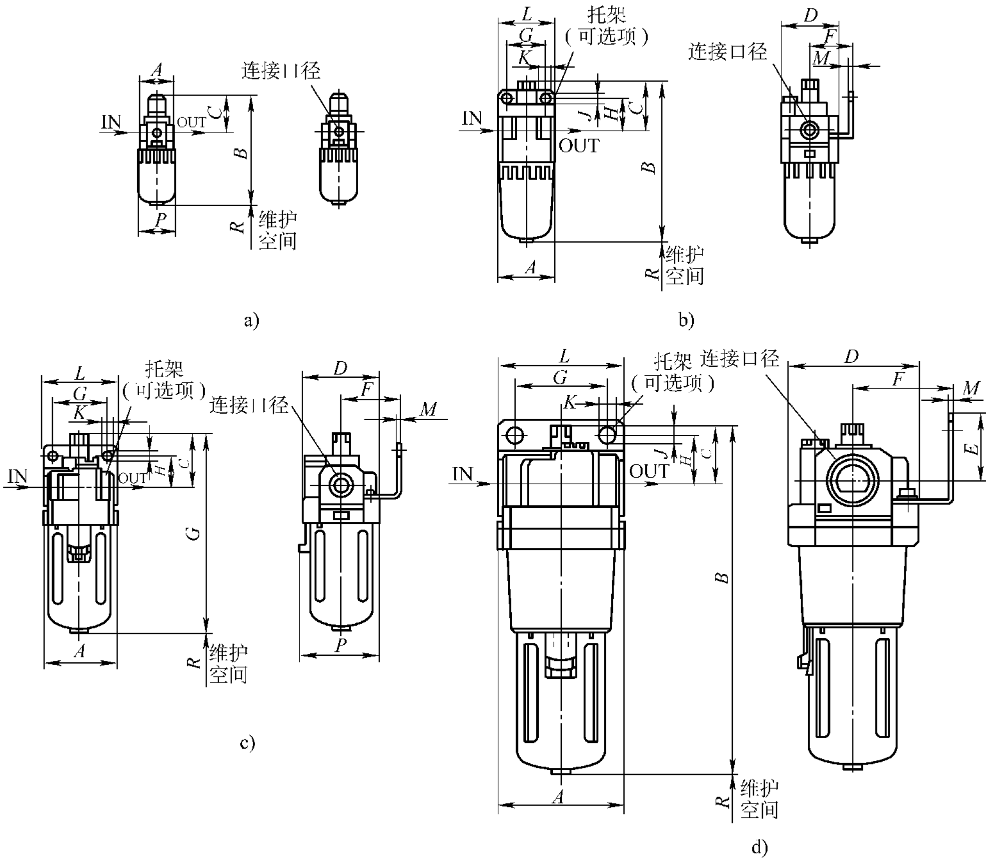
AL新系列油雾器技术参数见表23.3-39，外形尺寸见表23.3-40。

表23.3-39　AL新系列油雾器技术参数

型　　号		AL10	AL20	AL30	AL40	AL40-60	AL50	AL60
连接口径		M5×0.8	1/8・1/4	1/4・3/8	1/4・3/8・1/2	3/4	3/4・1	1
使用流体		空气						
耐压试验压力/MPa		1.5						
最高使用压力/MPa		1.0						
最小起雾流量① /L・min^{-1}(ANR)		4	15	1/4：30 3/8：40	1/4：30 3/8：40 1/2：50	50	190	220
贮油量/cm^3		7	25	55	135	135	135	135
推荐使用油		透平油1号(ISO VG32)						
环境温度及使用流体温度/℃		-5～60(未冻结时)						
杯材质		聚碳酸酯						
重量/kg		0.07	0.20	0.24	0.47	0.52	1.06	1.13
附属品	杯保护罩	—	—	●	●	●	●	●

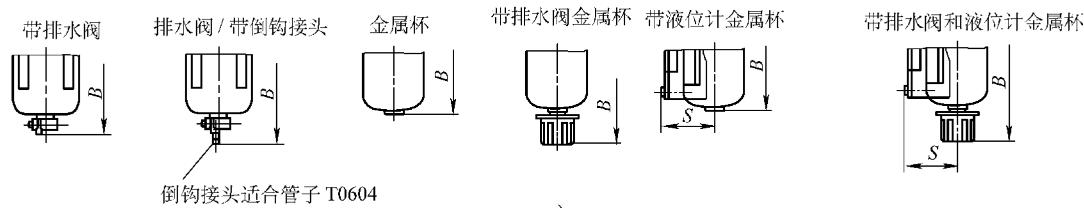
① 一次侧压力0.5MPa、透平油1号(ISO VG32)、温度20℃、油量调整阀全开的条件下，滴油量5滴/min的流量。

表23.3-40　AL新系列油雾器外形尺寸　　(mm)



a) AL10　b) AL20　c) AL30・40　d) AL50・60

（续）



e)

e）准标准规格

型号	连接口径	标准规格						可选项规格							
								托架安装尺寸							
		A	*B*	*C*	*D*	*P*	*R*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*	*M*
AL10	M5 ×0. 8	25	77	26	25	28	50	—	—	—	—	—	—	—	—
AL20	1/8 · 1/4	40	115	36	40	—	80	—	30	27	22	5. 4	8. 4	40	2. 3
AL30	1/4 · 3/8	53	142	38	53	57	95	—	41	40	23	6. 5	8	53	2. 3
AL40	1/4 · 3/8 · 1/2	70	176	40	70	73	120	—	50	54	26	8. 5	10. 5	70	2. 3
AL40-06	3/4	75	176	38	70	73	120	—	50	54	25	8. 5	10. 5	79	2. 3
AL50	3/4 · 1	90	250	41	90	—	120	47	70	66	35	11	13	90	3. 2
AL60	1	95	268	45	95	—	120	47	70	66	35	11	13	90	3. 2

型号	准标准规格							
	带排水阀	排水阀/带倒钩接头	金属杯	带排水阀金属杯	带液位计金属杯		带排水阀、液位计金属杯	
	B	B	B	B	B	S	B	S
AL10	85	—	82	85	—	—	—	—
AL20	123	—	121	124	—	—	—	—
AL30	153	161	142	166	162	38	186	38
AL40	187	195	176	200	196	45	220	45
AL40-06	187	195	176	200	196	45	220	45
AL50	261	269	250	274	270	—	294	—
AL60	279	287	268	292	288	—	312	—

2. 4. 8　AW 新系列过滤减压阀（M5 ~3/4）

AW 新系列过滤减压阀技术参数见表 23. 3-41，外形尺寸见表 23. 3-42。

表 23. 3-41　AW 新系列过滤减压阀技术参数

型　　号	AW10	AW20	AW30	AW40	AW40-06
连接口径	M5X0. 8	1/8 · 1/4	1/4 · 3/8	1/4 · 3/8 · 1/2	3/4
使用流体	空气				
耐压试验压力/MPa	1. 5				
最高使用压力/MPa	1. 0				
设定压力范围/MPa	0. 05 ~0. 7	0. 05 ~0. 85			
压力表连接口径①	1/16②	1/8	1/8	1/4	1/4

（续）

型　　号		AW10	AW20	AW30	AW40	AW40-06
溢流压力/MPa		设定压力+0.05（溢流流量0.1L/min（ANR）时）③				
环境温度及使用流体温度/℃		-5～60（未冻结时）				
过滤精度/μm		5				
冷凝水贮留量/cm³		2.5	8	25	45	45
杯材质		聚碳酸酯				
构造/减压阀		溢流型				
重量/kg		0.09	0.32	0.40	0.72	0.75
附属品	保护罩	—	—	●	●	●

① 方形埋入压力表（AW20～40）的场合，压力表无连接螺纹。
② 在表通D为1/16上连接1/8安装螺纹的压力表时，要使用螺纹缩接（型号：131368）。
③ AW10除外。

型号表示方法：

AW 30 - F 03 BE - IN



10	M5
20	1/8
30	3/8
40	1/2

无记号	米制螺纹（M5）
	Rc
N①	NPT
F②	G

① 排水导管是NPT1/4（AW30、40上适用）。自动排水的排出口带ϕ3/8in快换接头（AW30、40上适用）。
② 排水导管是G1/4（AW30、40上适用）。

M5	M5×0.8
01	1/8
02	1/4
03	3/8
04	1/2
06	3/4

准标准规格

记号	内　　容	适合型号
1⑤	0.02～0.2MPa设定	AW10～40
2	金属杯	AW10～40
6	尼龙杯	AW10～40
8	带液位计金属杯	AW30、40
C	带杯保护罩	AW20
J⑥	带排水导管1/4	AW30、40
N	非溢流型	AW10～40
R	流动方向：右→左	AW10～40
W	排水阀上带倒钩接头（用ϕ6/ϕ4尼龙管）	AW30、40
Z⑦	产品标牌、杯注意指示、压力表的单位表示：PSI,℉	AW10～40

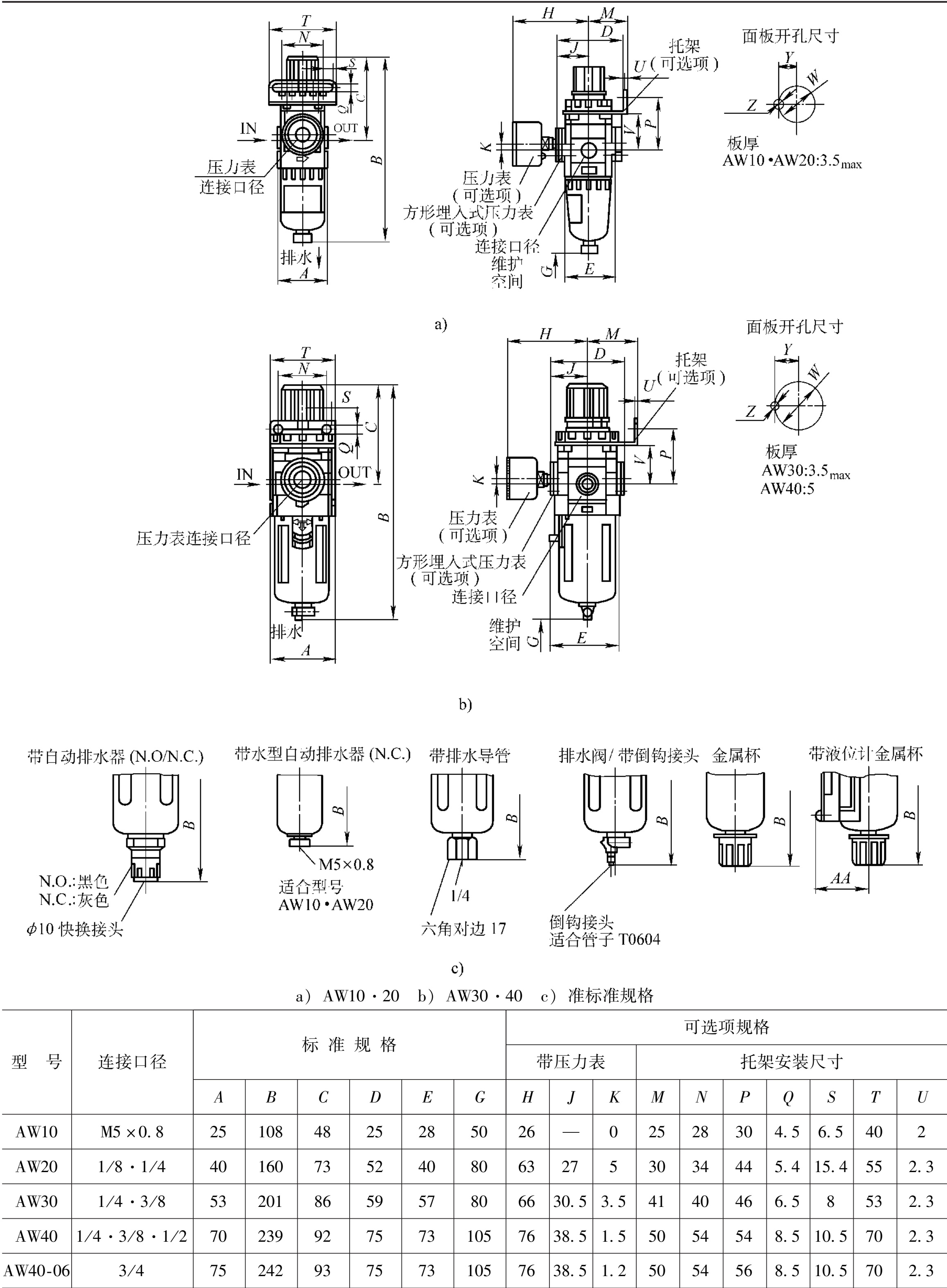
⑤ 和标准规格的区别仅调压弹簧不同。0.2MPa以上的压力不能设定。
⑥ 没有阀的功能。
⑦ 螺纹种类为M5、NPT。
注：同时具有多种规格的场合，按数字及字母顺序排列表示。

可选项

记号	内　　容	适合型号
无记号	—	—
B③	带托架	AW10～40
C	浮子式自动排水器（N.C.）	AW10～40
D	浮子式自动排水器（N.O.）	AW30、40
E	带方形埋入式压力表（限位指示器有）	AW20～40
G④	带圆形压力表（限位指示器无）	AW10
	带圆形压力表（限位指示器有）	AW20～40
P	面板安装（带安装螺母）	AW10～40

③ 托架组件同包出厂，不组装。
④ 压力表安装螺纹：AW10为1/16，AW20～30为1/8，AW40为1/4。压力表同包出厂，不安装。

表 23.3-42　AW 新系列过滤减压阀外形尺寸　（mm）



a)

b)

c)

a）AW10・20　b）AW30・40　c）准标准规格

型　号	连接口径	标 准 规 格						可选项规格									
								带压力表			托架安装尺寸						
		A	*B*	*C*	*D*	*E*	*G*	*H*	*J*	*K*	*M*	*N*	*P*	*Q*	*S*	*T*	*U*
AW10	M5×0.8	25	108	48	25	28	50	26	—	0	25	28	30	4.5	6.5	40	2
AW20	1/8・1/4	40	160	73	52	40	80	63	27	5	30	34	44	5.4	15.4	55	2.3
AW30	1/4・3/8	53	201	86	59	57	80	66	30.5	3.5	41	40	46	6.5	8	53	2.3
AW40	1/4・3/8・1/2	70	239	92	75	73	105	76	38.5	1.5	50	54	54	8.5	10.5	70	2.3
AW40-06	3/4	75	242	93	75	73	105	76	38.5	1.2	50	54	56	8.5	10.5	70	2.3

（续）

型　号	可选项规格					准标准规格				
	面板安装尺寸				带自动排水器	带倒钩接头	带排水导管	金属杯	带液位计金属杯	
	V	*W*	*Y*	*Z*	B	B	B	B	B	AA
AW10	18	18.5	—	—	125	—	—	107	—	—
AW20	30	28.5	14	6	177	—	—	160	—	—
AW30	31	38.5	19	7	242	209	208	214	234	38
AW40	35.5	42.5	21	7	278	247	246	251	272	45
AW40-06	37	42.5	21	7	278	250	249	255	272	45

2.4.9　AFM 新系列油雾分离器(1/8～3/4)

型号表示方法：



① 排水导管为 NPT1/4（AFM30、40 上适用）。自动排水的排水口带 ϕ3/8 的快换接头（AFM30、40 上适用）。

② 排水导管为 G1/4（AFM30、40 上适用）。

准标准规格

记号	内　　容	适合型号
2	金属杯	AFM20～40
6	尼龙杯	AFM20～40
8	带液位计金属杯	AFM30、40
C	带杯保护罩	AFM20
J③	排水导管口径 1/4	AFM30、40
R	流动方向：右→左	AFM20～40
W	排水阀上带倒钩接头（用 ϕ6/ϕ4 尼龙管）	AFM30、40
Z④	产品标牌，杯注意指示的单位表示：PSI，℉	AFM20～40

可选项

记号	名　　称	适合型号
无记号	—	—
B	带托架	AFM20～40
C	浮子式自动排水器（N.C.）	AFM20～40
D	浮子式自动排水器（N.O.）	AFM30、40

③ 没有阀的功能

④ 是 NPT 螺纹

注：多个规格的场合，按数字及字母顺序排列表示

AFM 新系列油雾分离器技术参数见表 23.3-43，外形尺寸见表 23.3-44。

表 23.3-43　AFM 新系列油雾分离器技术参数

型　　号	AFM20	AFM30	AFM40	AFM40-06
连接口径	1/8・1/4	1/4・3/8	1/4・3/8・1/2	3/4
使用流体	空气			
耐压试验压力/MPa	1.5			
最高使用压力/MPa	1.0			
最低使用压力/MPa	0.05			
环境温度及使用流体温度/℃	-5～60（未冻结时）			
额定流量①/$L \cdot min^{-1}$（ANR）	200	450	1100	1100

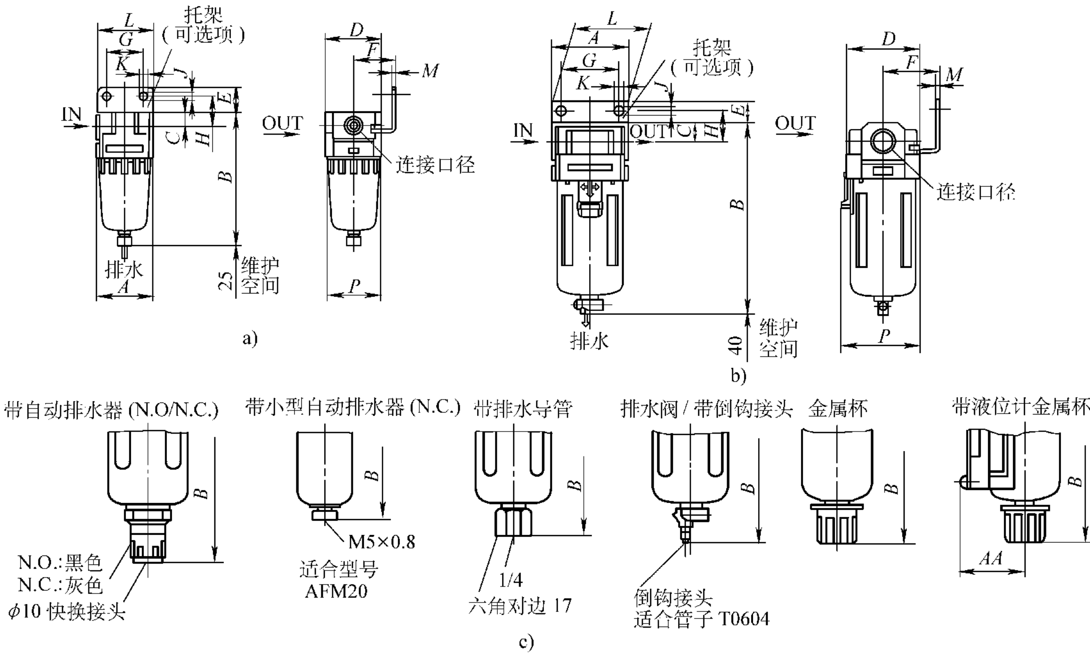
（续）

型　　号		AFM20	AFM30	AFM40	AFM40-06
过滤精度/μm		0.3(95%捕捉粒径)			
2次侧油雾浓度/$mg \cdot m^{3-1}$		最大1.0(ANR)②			
滤心寿命		2年或压力降下0.1MPa时			
杯材质		聚碳酸酯			
冷凝水贮留量/cm^3		8	25	45	45
重量/kg		0.18	0.22	0.44	0.49
附属品	杯保护罩	—	●	●	●

① 一次侧压力0.7MPa的场合，额定流量随一次侧压力变化。

② 空压机油雾输出浓度$30mg/m^3$(ANR)时。

表23.3-44　AFM新系列油雾分离器外形尺寸　（mm）



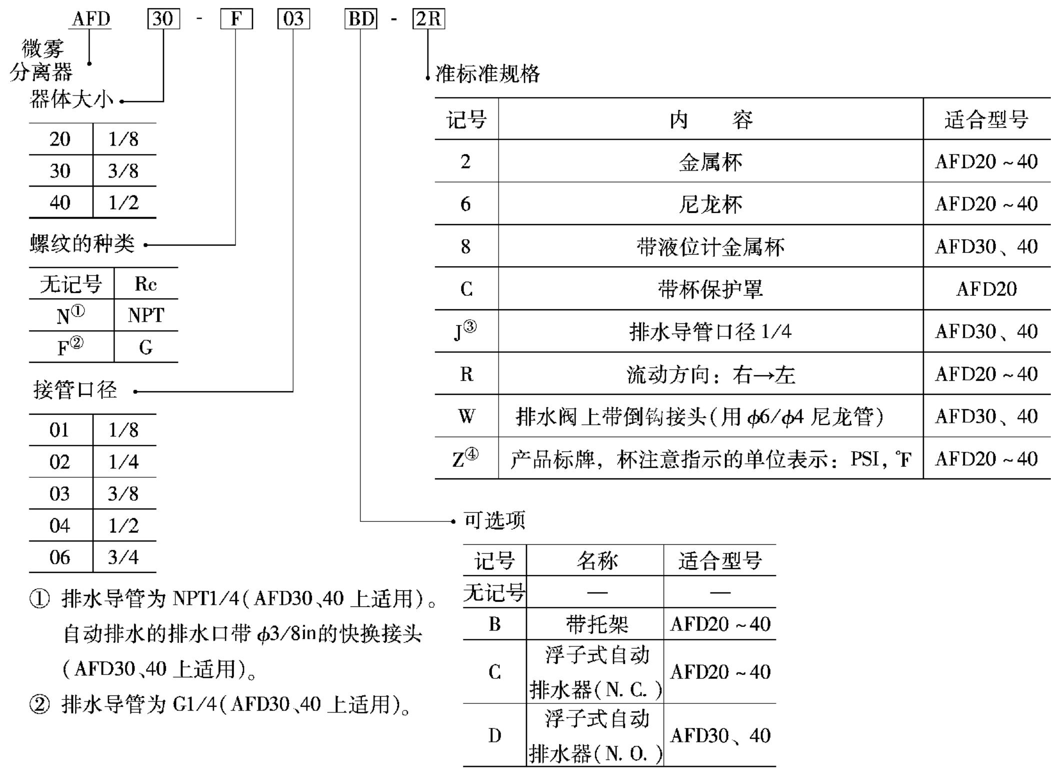
a）AFM20　b）AFM30·40·40-06　c）准标准规格

型号	连接口径	标准规格					可选项规格								
							托架安装尺寸								带自动排水器
		A	*B*	*C*	*D*	*P*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*	*M*	*B*
AFM20	1/8·1/4	40	97	10	40	—	18	30	27	22	5.4	8.4	40	2.3	115
AFM30	1/4·3/8	53	129	14	53	57	16	41	40	23	6.5	8	53	2.3	170
AFM40	1/4·3/8·1/2	70	165	18	70	73	17	50	54	26	8.5	10.5	70	2.3	204
AFM40-06	3/4	75	169	20	70	73	14	50	54	25	8.5	10.5	70	2.3	208

型号	准标准规格				
	带排水导管	倒钩接头	金属杯	带液位计金属杯	
	B	B	B	B	S
AFM20	—	—	97	—	—
AFM30	136	137	142	162	38
AFM40	172	173	178	198	45
AFM40-06	176	177	182	202	45

2.4.10　AFD 新系列微雾分离器(1/8～3/4)

型号表示方法：



器体大小：

20	1/8
30	3/8
40	1/2

螺纹的种类：

无记号	Rc
N①	NPT
F②	G

接管口径：

01	1/8
02	1/4
03	3/8
04	1/2
06	3/4

① 排水导管为 NPT1/4(AFD30、40 上适用)。自动排水的排水口带 ϕ3/8in的快换接头(AFD30、40 上适用)。

② 排水导管为 G1/4(AFD30、40 上适用)。

准标准规格：

记号	内　　容	适合型号
2	金属杯	AFD20～40
6	尼龙杯	AFD20～40
8	带液位计金属杯	AFD30、40
C	带杯保护罩	AFD20
J③	排水导管口径 1/4	AFD30、40
R	流动方向：右→左	AFD20～40
W	排水阀上带倒钩接头(用 ϕ6/ϕ4 尼龙管)	AFD30、40
Z④	产品标牌，杯注意指示的单位表示：PSI，℉	AFD20～40

可选项：

记号	名称	适合型号
无记号	—	—
B	带托架	AFD20～40
C	浮子式自动排水器(N. C.)	AFD20～40
D	浮子式自动排水器(N. O.)	AFD30、40

③ 没有阀的功能。

④ 是 NPT 螺纹。

注：多个规格的场合，按数字及字母顺序排列表示。

AFD 新系列微雾分离器技术参数见表 23.3-45，外形尺寸见表 23.3-46。

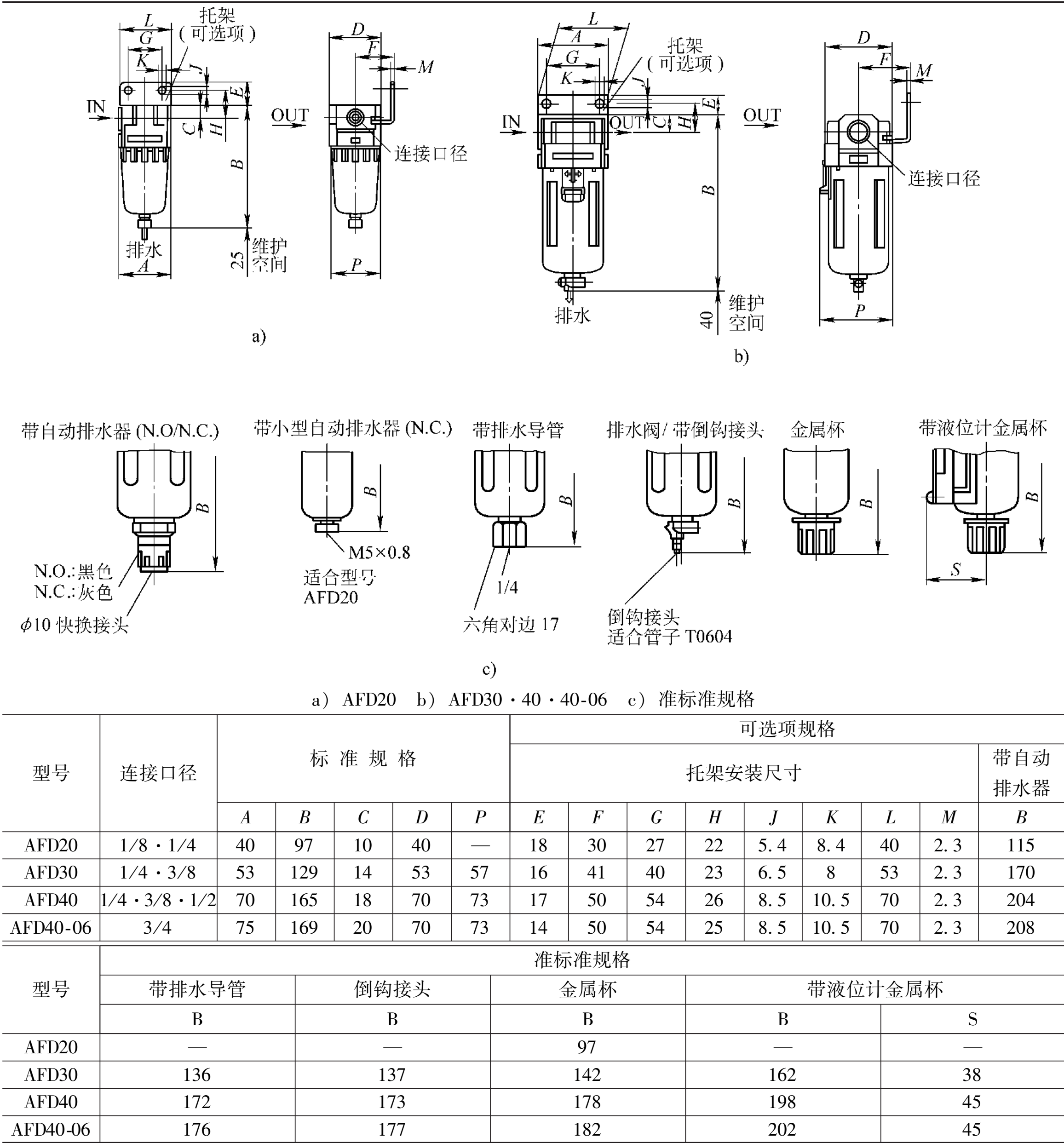
表 23.3-45　AFD 新系列微雾分离器技术参数

型　　号		AFD20	AFD30	AFD40	AFD40-06
连接口径		1/8・1/4	1/4・3/8	1/4・3/8・1/2	3/4
使用流体		空气			
耐压试验压力/MPa		1.5			
最高使用压力/MPa		1.0			
最低使用压力/MPa		0.05			
环境温度及使用流体温度/℃		-5～60(未冻结时)			
额定流量①/$L \cdot min^{-1}$(ANR)		120	240	600	600
过滤精度/μm		0.01(95%捕捉粒径)			
2 次侧油雾浓度/$mg \cdot m^{3\ -1}$		最大 0.1(ANR)(油饱和前为 0.01(ANR)以下)②			
滤心寿命		2 年或压力降下 0.1MPa 时			
杯材质		聚碳酸酯			
冷凝水贮留量/cm^3		8	25	45	45
重量/kg		0.18	0.22	0.44	0.49
附属品	杯保护罩	—	●	●	●

① 一次侧压力 0.7MPa 的场合。额定流量随一次侧压力变化。

② 空压机输出油雾浓度 30mg/m^3(ANR)时。

表 23.3-46　AFD 新系列微雾分离器外形尺寸　（mm）



a)

b)

c)

a） AFD20　b） AFD30・40・40-06　c） 准标准规格

型号	连接口径	标准规格					可选项规格								
							托架安装尺寸								带自动排水器
		A	B	C	D	P	E	F	G	H	J	K	L	M	B
AFD20	1/8・1/4	40	97	10	40	—	18	30	27	22	5.4	8.4	40	2.3	115
AFD30	1/4・3/8	53	129	14	53	57	16	41	40	23	6.5	8	53	2.3	170
AFD40	1/4・3/8・1/2	70	165	18	70	73	17	50	54	26	8.5	10.5	70	2.3	204
AFD40-06	3/4	75	169	20	70	73	14	50	54	25	8.5	10.5	70	2.3	208

型号	准标准规格				
	带排水导管	倒钩接头	金属杯	带液位计金属杯	
	B	B	B	B	S
AFD20	—	—	97	—	—
AFD30	136	137	142	162	38
AFD40	172	173	178	198	45
AFD40-06	176	177	182	202	45

2.5　德国 FESTO 气源处理单元（D 系列）

2.5.1　LF 系列过滤器

1）技术规格见表 23.3-47。

2）外形尺寸见表 23.3-48。

2.5.2　LOE 系列油雾器

1）技术规格见表 23.3-49。

2）外形尺寸见表 23.3-50。

2.5.3　LFR 系列过滤减压阀

1）技术规格见表 23.3-51。

2）外形尺寸见表 23.3-52。

2.5.4　FRC 系列气源调节装置（二联件）

1）技术规格见表 23.3-53。

2）外形尺寸见表 23.3-54。

表 23.3-47　LF 系列过滤器技术规格

规　　格		MINI(小型)			MIDI(中型)			MAXI(大型)	
40μm 滤心	手动排水阀	LF-1/8-D-MINI	LF-1/4-D-MINI	LF-3/8-D-MINI	LF-3/8-D-MIDI	LF-1/2-D-MIDI	LF-3/4-D-MIDI	LF-3/4-D-MAXI	LF-1-D-MAXI
	自动排水阀	LF-1/8-D-MINI-A	LF-1/4-D-MINI-A	LF-3/8-D-MINI-A	LF-3/8-D-MIDI-A	LF-1/2-D-MIDI-A	LF-3/4-D-MIDI-A	LF-3/4-D-MAXI-A	LF-1-D-MAXI-A
5μm 滤心	手动排水阀	LF-1/8-D-5M-MINI	LF-1/4-D-5M-MINI	LF-3/8-D-5M-MINI	LF-3/8-D-5M-MIDI	LF-1/2-D-5M-MIDI	LF-3/4-D-5M-MIDI	LF-3/4-D-5M-MIXI	LF-1-D-5M-MAXI
	自动排水阀	LF-1/8-D-5M-MINI-A	LF-1/4-D-5M-MINI-A	LF-3/8-D-5M-MINI-A	LF-3/8-D-5M-MIDI-A	LF-1/2-D-5M-MIDI-A	LF-3/4-D-5M-MIDI-A	LF-3/4-D-5M-MAXI-A	LF-1-D-5M-MAXI-A
安装支架		HFOE-D-MINI			HFOE-D-MIDI/MAXI				
40μm 滤心		LFP-D-MINI-40M			LFP-D-MIDI-40M			LFP-D-MAXI-40M	
5μm 滤心		LFP-D-MINI-5M			LFP-D-MIDI-5M			LFP-D-MAXI-5M	
工作介质		压缩空气							
结构特点		带水分离器的烧结式过滤器							
安装方式		管式安装或支架安装							
安装位置		垂直方向 ±5							
接管螺纹		G1/8	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G3/4	G3/4	G1
额定流量/L·min⁻¹	LF-····-D-···(-A)	1000	1200	1400	2700	3000	3000	5000	5300
	LF-····-D-···-5M-···(-A)	600	950	1100	1800	1900	1900	3200	3300
工作压力/MPa	手动排水阀	最大 1.6							
	自动排水阀	0.15 ~ 1.2							
过滤精度/μm		40、5							
最大凝液容量/mL		22			43			80	
温度范围/℃		-10 ~ +60							

注：型号意义：

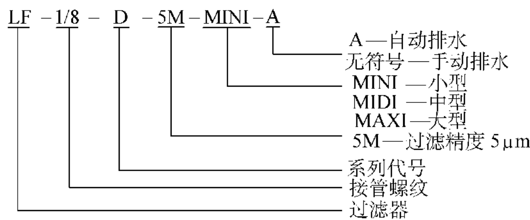
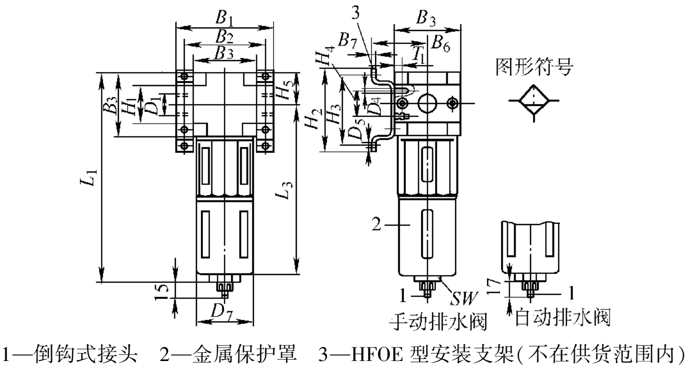


表 23.3-48　LF 系列过滤器外形尺寸　　(mm)



1—倒钩式接头　2—金属保护罩　3—HFOE 型安装支架(不在供货范围内)

（续）

型　　号	B_1	B_2	B_3	B_6	B_7	D_1	D_4	D_5	D_7	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	L_1	L_3	T_1	SW
LF-1/8-D-MINI	64	52	40	39	2	G1/8	M4	4.3	38	20	43	35	11	17.5	144	124	7	22
LF-1/4-D-MINI	64	52	40	39	2	G1/4	M4	4.3	38	20	43	35	11	17.5	144	124	7	22
LF-3/8-D-MINI	70	52	40	39	2	G3/8	M4	4.3	38	20	43	35	11	17.5	144	124	7	22
LF-3/8-D-MIDI	85	70	55	47	3	G3/8	M5	5.3	52	32	70	60	22	24.5	179	151	8	24
LF-1/2-D-MIDI	85	70	55	47	3	G1/2	M5	5.3	52	32	70	60	22	24.5	179	151	8	24
LF-3/4-D-MIDI	85	70	55	47	3	G3/4	M5	5.3	52	32	70	60	22	24.5	179	151	8	24
LF-3/4-D-MAXI	96	80	66	53	3	G3/4	M5	5.3	65	32	70	60	22	24.5	203	170	8	24
LF-1-D-MAXI	116	91	66	53	3	G1	M5	5.3	65	40	70	60	22	24.5	203	170	8	24

表 23.3-49　LOE 系列油雾器技术规格

规格	MINI（小型）			MIDI（中型）			MAXI（大型）	
油雾器	LOE-1/8-D-MINI	LOE-1/4-D-MINI	LOE-3/8-D-MINI	LOE-3/8-D-MIDI	LOE-1/2-D-MIDI	LOE-3/4-D-MIDI	LOE-3/4-D-MAXI	LOE-1-D-MAXI
安装支架	HFOE-D-MINI			HFOE-D-MIDI/MAXI				
工作介质	过滤压缩空气（40μm）							
结构特点	油雾型自动可变节流式							
安装方式	管式安装或支架安装							
安装位置	垂直方向 ±5							
接管螺纹	G1/8	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G3/4	G3/4	G1
额定流量/L·min⁻¹	1300	2300	2700	5500	6100	6300	8400	9000
最大工作压力/MPa	1.6							
最小起雾流量/L·min⁻¹	3			6			10	
最大贮油量/mL	45			110			190	
温度范围/℃	-10～+60							

注：型号意义

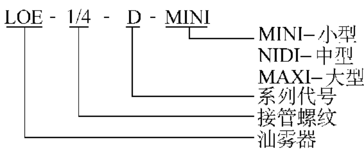
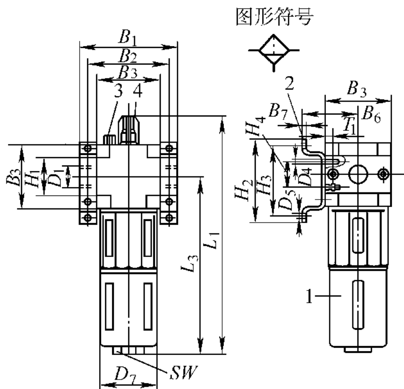


表 23.3-50　LOE 系列油雾器外形尺寸　（mm）



1—金属保护罩　2—HFOE 型安装支架　3—油杯放气螺塞　4—滴油量调节螺钉

（续）

型　号	B_1	B_2	B_3	B_6	B_7	D_1	D_4	D_5	D_7	H_1	H_2	H_3	H_4	L_1	L_3	T_1	SW
LOE-1/8-D-MINI	64	52	40	39	2	G1/8	M4	4.3	38	20	43	35	11	169	124	7	22
LOE-1/4-D-MINI	64	52	40	39	2	G1/4	M4	4.3	38	20	43	35	11	169	124	7	22
LOE-3/8-D-MINI	70	52	40	39	2	G3/8	M4	4.3	38	20	43	35	11	169	124	7	22
LOE-3/8-D-MIDI	85	70	55	47	3	G3/8	M5	5.3	52	32	70	60	22	206	151	8	24
LOE-1/2-D-MIDI	85	70	55	47	3	G1/2	M5	5.3	52	32	70	60	22	206	151	8	24
LOE-3/4-D-MIDI	85	70	55	47	3	G3/4	M5	5.3	52	32	70	60	22	206	151	8	24
LOE-3/4-D-MAXI	96	81	66	53	3	G3/4	M5	5.3	65	32	70	60	22	223	170.5	8	24
LOE-1-D-MAXI	116	81	66	53	3	G1	M5	5.3	65	40	70	60	22	223	170.5	8	24

表 23.3-51　LFR 系列过滤减压阀技术规格

规　格		MINI（小型）			MIDI（中型）			MAXI（大型）	
工作压力 1.2MPa（40μm）	手动排水阀	LFR-1/8-D-MINI	LFR-1/4-D-MINI	LFR-3/8-D-MINI	LFR-3/8-D-MIDI	LFR-1/2-D-MIDI	LFR-3/4-D-MIDI	LFR-3/4-D-MAXI	LFR-1-D-MAXI
	自动排水阀	LFR-1/8-D-MINI-A	LFR-1/4-D-MINI-A	LFR-3/8-D-MINI-A	LFR-3/8-D-MIDI-A	LFR-1/2-D-MIDI-A	LFR-3/4-D-MIDI-A	LFR-3/4-D-MAXI-A	LFR-1-D-MAXI-A
工作压力 0.7MPa（40μm）	手动排水阀	LFR-1/8-D-7-MINI	LFR-1/4-D-7-MINI	LFR-3/8-D-7-MINI	LFR-3/8-D-7-MIDI	LFR-1/2-D-7-MIDI	LFR-3/4-D-7-MIDI	LFR-3/4-D-7-MAXI	LFR-1-D-7-MAXI
	自动排水阀	LFR-1/8-D-7-MINI-A	LFR-1/4-D-7-MINI-A	LFR-3/8-D-7-MINI-A	LFR-3/8-D-7-MIDI-A	LFR-1/2-D-7-MIDI-A	LFR-3/4-D-7-MIDI-A	LFR-3/4-D-7-MAXI-A	LFR-1-D-7-MAXI-A
工作压力 1.2MPa（5μm）	手动排水阀	LFR-1/8-D-5M-MINI	LFR-1/4-D-5M-MINI	LFR-3/8-D-5M-MINI	LFR-3/8-D-5M-MIDI	LFR-1/2-D-5M-MIDI	LFR-3/4-D-5M-MIDI	LFR-3/4-D-5M-MAXI	LFR-1-D-5M-MAXI
	自动排水阀	LFR-1/8-D-5M-MINI-A	LFR-1/4-D-5M-MINI-A	LFR-3/8-D-5M-MINI-A	LFR-3/8-D-5M-MIDI-A	LFR-1/2-D-5M-MIDI-A	LFR-3/4-D-5M-MIDI-A	LFR-3/4-D-5M-MAXI-A	LFR-1-D-5M-MAXI-A
安装支架		HFOE-D-MINI			HFOE-D-MIDI/MAXI				
		HR-D-MINI			HR-D-MIDI			HR-D-MAXI	
压力传感器的安装支架		PENV-A-H-1/8-D			PENV-A-H-3/8-D				
40μm 滤心		LFP-D-MINI-40M			LFP-D-MIDI-40M			LFP-D-MAXI-40M	
5μm 滤心		LFP-D-MINI-5M			LFP-D-MIDI-5M			LFP-D-MAXI-5M	
压力表	适用 0～1.2MPa	MA-40-16-1/8			MA-50-16-1/4				
	适用 0～0.7MPa	MA-40-10-1/8			MA-50-10-1/4				
工作介质		压缩空气							
结构特点		带水分离器的烧结式过滤器；MINI/MIDI：膜片式减压阀；MAXI：活塞式减压阀							
安装方式		管式安装或支架安装							
安装位置		垂直方向 ±5							
接管螺纹		G1/8	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G3/4	G3/4	G1
额定流量 /L·min^{-1}	LFR-⋯-D-⋯(-A)	750	1400	1600	3100	3400	3400	9000	10000
	LFR-⋯-D-7-⋯(-A)	900	1500	1700	3400	3900	4000	9500	16000
	LFR-⋯-D-5M⋯(-A)	650	1200	1350	2400	2500	2600	7300	7600

（续）

规　　格		MINI（小型）	MIDI（中型）	MAXI（大型）
输入压力/MPa	手动排水阀	0.1～1.6		
	自动排水阀	0.15～1.2		
工作压力/MPa		0.05～1.2、0.05～0.7		
过滤精度/μm		40、5		
最大凝液容量/mL		22	43	80
温度范围/℃		-10～+60		

注：型号意义：

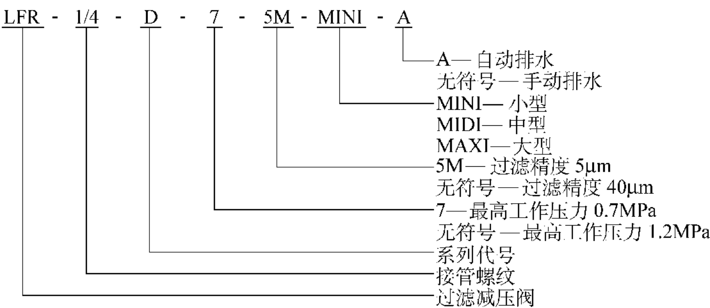
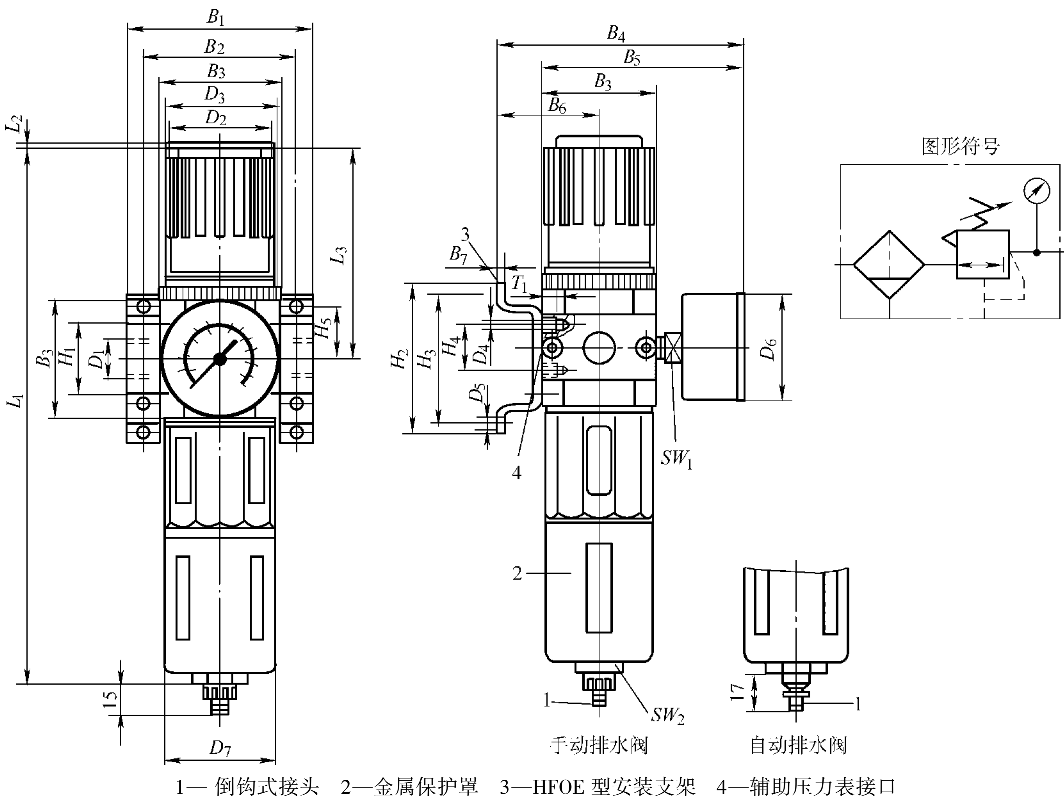


表 23.3-52　LFR 系列过滤减压装置外形尺寸　　（mm）



1— 倒钩式接头　2—金属保护罩　3—HFOE 型安装支架　4—辅助压力表接口

（续）

型　　号	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
LFR-1/8-D-MINI-···	64	52	40	96	77	39	2	G1/8	31	M36×1.5	M4	4.3
LFR-1/4-D-MINI-···	64	52	40	96	77	39	2	G1/4	31	M36×1.5	M4	4.3
LFR-3/8-D-MINI-···	64	52	40	96	77	39	2	G3/8	31	M36×1.5	M4	4.3
LFR-3/8-D-MIDI-···	85	70	55	113	94	47	3	G3/8	50	M52×1.5	M5	5.3
LFR-1/2-D-MIDI-···	85	70	55	113	94	47	3	G1/2	50	M52×1.5	M5	5.3
LFR-3/4-D-MIDI-···	85	70	55	113	94	47	3	G3/4	50	M52×1.5	M5	5.3
LFR-3/4-D-MAXI-···	96	81	66	125	105	53	3	G3/4	31	M36×1.5	M5	5.3
LFR-1-D-MAXI-···	116	91	66	125	105	53	3	G1	31	M36×1.5	M5	5.3

型　　号	D_6	D_7	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	L_1	L_2	L_3	T_1	SW_1	SW_2
LFR-1/8-D-MINI-···	39	38	20	43	35	11	17.5	194	1	69	7	14	22
LFR-1/4-D-MINI-···	39	38	20	43	35	11	17.5	194	1	69	7	14	22
LFR-3/8-D-MINI-···	39	38	20	43	35	11	17.5	194	1	69	7	14	22
LFR-3/8-D-MIDI-···	51	52	32	70	60	22	24.5	250	2	98	8	14	24
LFR-1/2-D-MIDI-···	51	52	32	70	60	22	24.5	250	2	98	8	14	24
LFR-3/4-D-MIDI-···	51	52	32	70	60	22	24.5	250	2	98	8	14	24
LFR-3/4-D-MAXI-···	51	65	32	70	60	22	24.5	252	2	82	8	14	24
LFR-1-D-MAXI-···	51	65	40	70	60	22	24.5	252	2	82	8	14	24

表 23.3-53　FRC 系列气源调节装置（二联件）技术规格

<table>
<tr><th colspan="2">规　　格</th><th colspan="3">MINI（小型）</th><th colspan="3">MIDI（中型）</th><th colspan="2">MAXI（大型）</th></tr>
<tr><td rowspan="2">工作压力
1.2MPa
（40μm）</td><td>手动排水阀</td><td>FRC-1/8-D-MINI</td><td>FRC-1/4-D-MINI</td><td>FRC-3/8-D-MINI</td><td>FRC-3/8-D-MIDI</td><td>FRC-1/2-D-MIDI</td><td>FRC-3/4-D-MIDI</td><td>FRC-3/4-D-MAXI</td><td>FRC-1-D-MAXI</td></tr>
<tr><td>自动排水阀</td><td>FRC-1/8-D-MINI-A</td><td>FRC-1/4-D-MINI-A</td><td>FRC-3/8-D-MINI-A</td><td>FRC-3/8-D-MIDI-A</td><td>FRC-1/2-D-MIDI-A</td><td>FRC-3/4-D-MIDI-A</td><td>FRC-3/4-D-MAXI-A</td><td>FRC-1-D-MAXI-A</td></tr>
<tr><td rowspan="2">工作压力
0.7MPa
（40μm）</td><td>手动排水阀</td><td>FRC-1/8-D-7-MINI</td><td>FRC-1/4-D-7-MINI</td><td>FRC-3/8-D-7-MINI</td><td>FRC-3/8-D-7-MIDI</td><td>FRC-1/2-D-7-MIDI</td><td>FRC-3/4-D-7-MIDI</td><td>FRC-3/4-D-7-MAXI</td><td>FRC-1-D-7-MAXI</td></tr>
<tr><td>自动排水阀</td><td>FRC-1/8-D-7-MINI-A</td><td>FRC-1/4-D-7-MINI-A</td><td>FRC-3/8-D-7-MINI-A</td><td>FRC-3/8-D-7-MIDI-A</td><td>FRC-1/2-D-7-MIDI-A</td><td>FRC-3/4-D-7-MIDI-A</td><td>FRC-3/4-D-7-MAXI-A</td><td>FRC-1-D-7-MAXI-A</td></tr>
<tr><td rowspan="2">工作压力
1.2MPa
（5μm）</td><td>手动排水阀</td><td>FRC-1/8-D-5M-MINI</td><td>FRC-1/4-D-5M-MINI</td><td>FRC-3/8-D-5M-MINI</td><td>FRC-3/8-D-5M-MIDI</td><td>FRC-1/2-D-5M-MIDI</td><td>FRC-3/4-D-5M-MIDI</td><td>FRC-3/4-D-5M-MAXI</td><td>FRC-1-D-5M-MAXI</td></tr>
<tr><td>自动排水阀</td><td>FRC-1/8-D-5M-MINI-A</td><td>FRC-1/4-D-5M-MINI-A</td><td>FRC-3/8-D-5M-MINI-A</td><td>FRC-3/8-D-5M-MIDI-A</td><td>FRC-1/2-D-5M-MIDI-A</td><td>FRC-3/4-D-5M-MIDI-A</td><td>FRC-3/4-D-5M-MAXI-A</td><td>FRC-1-D-5M-MAXI-A</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">安装支架</td><td colspan="3">HFOE-D-MINI</td><td colspan="5">HFOE-D-MIDI/MAXI</td></tr>
<tr><td colspan="3">HR-D-MINI</td><td colspan="3">HR-D-MIDI</td><td colspan="2">HR-D-MAXI</td></tr>
<tr><td colspan="2">压力传感器的安装支架</td><td colspan="3">PENV-A-H-1/8-D</td><td colspan="5">PENV-A-H-3/8-D</td></tr>
<tr><td colspan="2">40μm 滤心</td><td colspan="3">LFP-D-MINI-40M</td><td colspan="3">LFP-D-MIDI-40M</td><td colspan="2">LFP-D-MAXI-40M</td></tr>
<tr><td colspan="2">5μm 滤心</td><td colspan="3">LFP-D-MINI-5M</td><td colspan="3">LFP-D-MIDI-5M</td><td colspan="2">LFP-D-MAXI-5M</td></tr>
<tr><td rowspan="2">压力表</td><td>适用0~1.2MPa气源调节装置（二联件）</td><td colspan="3">MA-40-16-1/8</td><td colspan="5">MA-50-16-1/4</td></tr>
<tr><td>适用0~0.7MPa气源调节装置（二联件）</td><td colspan="3">MA-40-10-1/8</td><td colspan="5">MA-50-10-1/4</td></tr>
<tr><td colspan="2">工作介质</td><td colspan="8">压缩空气</td></tr>
<tr><td colspan="2">结构特点</td><td colspan="8">带水分离器的烧结式过滤器；MINI/MIDI：膜片式减压阀；MAXI：活塞式减压阀；自动可变节流式油雾器</td></tr>
<tr><td colspan="2">安装方式</td><td colspan="8">管式安装或支架安装</td></tr>
<tr><td colspan="2">安装位置</td><td colspan="8">垂直方向 ±5</td></tr>
</table>

（续）

规　　格		MINI(小型)			MIDI(中型)			MAXI(大型)	
接管螺纹		G1/8	G1/4	G3/8	+G3/8	G1/2	G3/4	G3/4	G1
额定流量 /L·min⁻¹	FRC-···-D-···(-A)	700	1000	1200	2000	2600	2600	7000	8000
	FRC-···-D-7-···(-A)	800	1300	1500	2500	2800	2800	8500	8700
	FRC-···-D-5M···(-A)	600	850	1050	1700	1800	2100	6500	7200
输入压力 /MPa	手动排水阀	0.1～1.6							
	自动排水阀	0.15～1.2							
工作压力/MPa		0.05～1.2、0.05～0.7							
最小起雾流量/L·min⁻¹		3			6			10	
过滤精度/μm		40、5							
最大凝液容量/mL		22			43			80	
温度范围/℃		-10～+60							

注：型号意义：

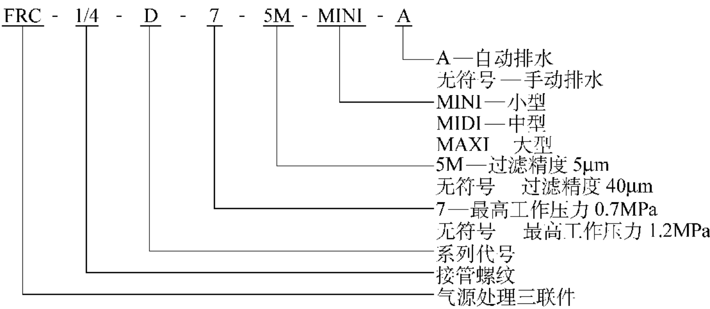
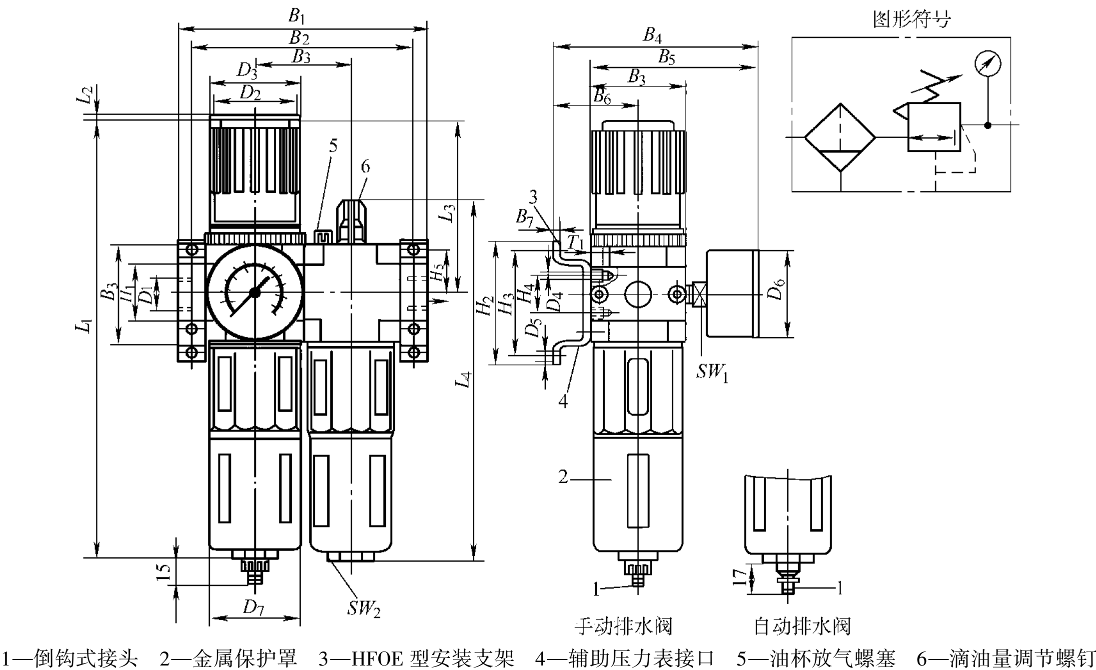


表 23.3-54　FRC 系列气源调节装置(二联件)外形尺寸　　(mm)



1—倒钩式接头　2—金属保护罩　3—HFOE 型安装支架　4—辅助压力表接口　5—油杯放气螺塞　6—滴油量调节螺钉

（续）

型　号	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
FRC-1/8-D-MINI-…	104	92	40	96	77	39	2	G1/8	31	M36×1.5	M4	4.3
FRC-1/4-D-MINI-…	104	92	40	96	77	39	2	G1/4	31	M36×1.5	M4	4.3
FRC-3/8-D-MINI-…	104	92	40	96	77	39	2	G3/8	31	M36×1.5	M4	4.3
FRC-3/8-D-MIDI-…	140	125	55	113	94	47	3	G3/8	50	M52×1.5	M5	5.3
FRC-1/2-D-MIDI-…	140	125	55	113	94	47	3	G1/2	50	M52×1.5	M5	5.3
FRC-3/4-D-MIDI-…	140	125	55	113	94	47	3	G3/4	50	M52×1.5	M5	5.3
FRC-3/4-D-MAXI-…	162	146	66	125	105	53	3	G3/4	31	M36×1.5	M5	5.3
FRC-1-D-MAXI-…	182	157	66	125	105	53	3	G1	31	M36×1.5	M5	5.3

型　号	D_6	D_7	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	L_1	L_2	L_3	L_4	T_1	SW_1	SW_2
FRC-1/8-D-MINI-…	39	38	20	43	35	11	17.5	194	1	70	169	7	14	22
FRC-1/4-D-MINI-…	39	38	20	43	35	11	17.5	194	1	70	169	7	14	22
FRC-3/8-D-MINI-…	39	38	20	43	35	11	17.5	194	1	70	169	7	14	22
FRC-3/8-D-MIDI-…	51	52	32	70	60	22	24.5	250	2	98	206	8	14	24
FRC-1/2-D-MIDI-…	51	52	32	70	60	22	24.5	250	2	98	206	8	14	24
FRC-3/4-D-MIDI-…	51	52	32	70	60	22	24.5	250	2	98	206	8	14	24
FRC-3/4-D-MAXI-…	51	65	32	70	60	22	24.5	252	2	82	223	8	14	24
FRC-1-D-MAXI-…	51	65	40	70	60	22	24.5	252	2	82	223	8	14	24

2.6 其他气动辅件

2.6.1 ZPS-15、ZPSA 系列自动排水器

ZPS-15、ZPSA 系列自动排水器的技术规格及外形尺寸见表 23.3-55。

2.6.2 ZPW 系列卧式自动排水器

ZPW 系列卧式自动排水器技术规格及外形尺寸见表 23.3-56。

2.6.3 消声器

气缸、气阀等排出废气时，其排气速度较高，因气体体积的突然变化，会产生很大的噪声，影响操作者的健康，消声器就是减少排气噪声的辅件。

工作原理。消声器均装有吸声材料（铜粉末、聚碳酸酯粉末等烧结而成）制成的消声罩，起到吸收、消减噪声的作用。

表 23.3-55　ZPS-L15、ZPSA 系列自动排水器技术规格及外形尺寸　（mm）

ZPSA

120
M
243
φ16.2
φ19

通径/mm	M
15	G3/4
10	G1/2

主要技术参数

1）工作压力范围　0.15～1.0MPa

2）工作温度　1～60℃

3）最大排量　5000mL/min

ZPSA-L□
通径
螺纹连接

ZPS

φ110
M22×1.5
385
217
M12×1.25

主要技术参数

1）最高工作压力 0.8MPa

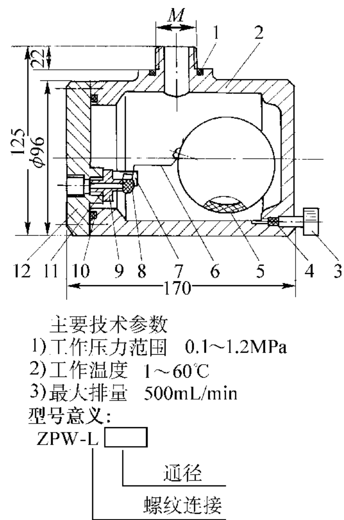
2）最低动作压力 >0.1MPa

3）每次排量≥130mL

型号意义：

ZPSA-L□
通径

表 23.3-56　ZPW 系列卧式自动排水器技术规格及外形尺寸　（mm）



1、10、11—O 形圈
2—阀体
3—放水螺钉
4—密封球
5—浮球
6—杠杆
7—支架
8—异形密封球
9—阀嘴座
12—阀盖

通径/mm	*M*
25	G1
20	G$^3/_4$

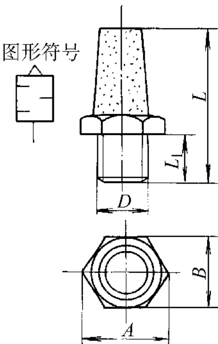
技术规格见表 23.3-57，外形尺寸见表 23.3-58。

表 23.3-57　消声器技术规格

型　　号	QXS-L3	QXS-L6	QXS-L8	QXS-L10	QXS-L15	QXS-L20	QXS-L25	QXS-L32	QXS-L40	QXS-L50
工作介质	干　燥　空　气									
工作压力范围/MPa	0～0.8									
有效截面积 S/mm^2		10	20	40	60	110	190	300	400	650
消声效果/dB	≥20							≥25		
耐压性/MPa	1.2									
抗弯力/N	≥250									
耐久性①/万次	≥150							≥100		

① 表中值为合格品指标，一等品指标高于表中值。

表 23.3-58　消声器的外形尺寸　（mm）



型　　号	公称通径	D	L	L_1	A	B
QXS-L3	3	M6×1	14	8	16.1	10
QXS-L6	6	M10×1	37	8	19.6	17

（续）

型　　号	公称通径	D	L	L_1	A	B
QXS-L8	8	M12 × 1.5	44	10	25.4	22
QXS-L10	10	M16 × 1.5	48	12	27.7	24
QXS-L15	15	M22 × 1.5	55.5	14	34.6	30
QXS-L20	20	M27 × 2	64.5	14	41.6	36
QXS-L25	25	M33 × 2	80.5	16	57.7	50
QXS-L32	32	M42 × 2	146	18		55
QXS-L40	40	M48 × 2	190	20		65
QXS-L50	50	M60 × 2	248	22		75

2.6.4　TK 型压力继电器

压力继电器是气动系统中实现保护（失压或过压）和自动控制的元件。其工作原理见图 23.3-4，当系统压力升高或降低时，气箱内的波纹管 1 产生位移（压缩或伸长），由顶杆来推动微动开关 3。技术规格见表 23.3-59，外形尺寸见图 23.3-4。

表 23.3-59　TK-10 型压力继电器技术规格

型　　号	TK-10
工作介质	空气、油
压力调节范围/MPa	0.4 ~ 1.0
压差调节范围/MPa	0.1 ~ 0.3
工作频率/Hz	≥2
额定电流/A	0.5

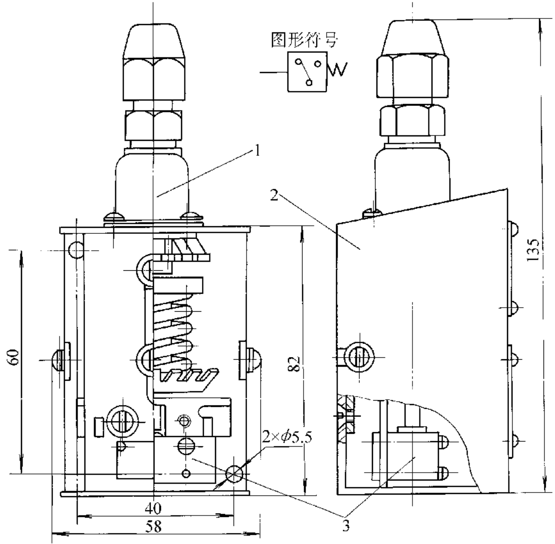


图 23.3-4　TK-10 型压力继电器
1—波纹管　2—外罩　3—微动开关

2.6.5　气液转换器

气液转换器是将空气压力转变为液压输出力的元件。

其工作原理见图 23.3-5，压缩空气输入使油面下降，输出液压油去推动执行元件（如气缸）运动，执行元件反向运动使油面上升，空气经上部排出。阻隔片 2 防止空气直接吹到液面上，使气液相混。其技术规格见表 23.3-60，外形尺寸见表 23.3-61。

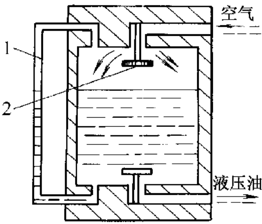


图 23.3-5　气液转换器工作原理图
1—液面指示管　2—隔阻片

表 23.3-60　气液转换器的主要技术规格

型　　号	QY40 × 40	QY80 × 150	QY100 × 150	QY200 × 300
工作压力范围/MPa	0.3 ~ 0.7			
耐压/MPa	0.9			
有效容积/L	0.04	0.75	1.17	9

注：型号说明：

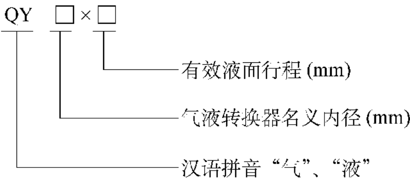
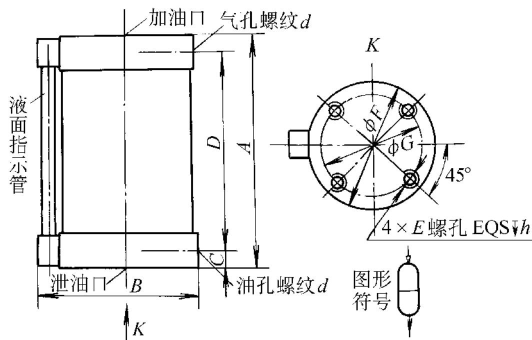


表 23.3-61　气液转换器的外形尺寸　　（mm）



型　　号	连接螺纹 d	A	B	C	D	E	F	G	h
QY40×40	Z1/8	115.5	51	11	91	M6	51	38	12
QY80×150	Z3/8	282	111	20	242	M6	92	80	15
QY100×150	Z3/8	282	135	20	242	M8	116	100	15
QY200×300	Z1/2	476	244	23	430	M10	220	198	18

2.7　气动管接头

2.7.1　气动管接头的类型(见表 23.3-62)

表 23.3-62　气动管接头的类型

类　型		结构示意图例	工作原理及特点
有色金属管接头		3　2　1	由有色金属，主要是纯铜管及铝管制成 利用拧紧卡套式接头螺母 2 而产生的径向力，使卡套 3 和管子 1 同时变形而卡住管子起连接和密封作用 结构简单，密封可靠 适用气体介质工作压力 <1MPa 薄壁金属管件的连接
		1　2　3　4　3　2　1	拧紧螺帽 2 使杆状体 1 与接头体 4 的端面互相压紧，靠 O 形密封圈 3 的变形而密封 所连接的管子要与杆状体用卡套式管接头连接或焊接连接 对管子的尺寸精度要求不高，密封可靠。适用条件同上
棉线编织胶管接头		5　4　3　2　1	接头部分用金属卡箍 2 将棉线胶管 1 卡在管接头芯子 3 上，并用螺母 4 将接头芯子连在接头体 5 上 靠芯子插入胶管后的涨紧作用、卡箍的卡紧力和接头芯子与接头体两锥面相互压紧力而连接、密封 工艺性较好、密封可靠、拆卸较费力 适用气体介质工作压力 <1MPa 的管路连接
PU 管尼龙管接头	插入式		塑料管插入弹性卡头顶端后，向外拉塑料管，在使弹性头和卡头套在斜面处压紧而产生的径向力作用下，卡头的刃尖卡入管子外表面 靠卡头和 O 形密封圈而连接和密封 拆卸时，向左端推弹性卡头，使卡头和卡头套锁紧斜面离开，可将管子从卡头中抽出 密封可靠，拆装迅速 适用于气体介质工作压力 <1MPa，公称通径 <10mm 塑料管、尼龙管的连接

（续）

类　型		结构示意图例	工作原理及特点
PU管尼龙管接头	快拧式		安装时，先将卡套套在接头体上，再套上塑料管，然后向右拉卡套，靠卡套和接头体锥面上的压紧力将塑料管压紧、密封 拆卸时，将卡套向左推塑料管可被抽出。密封可靠、拆装迅速、造价低廉 适用于气体介质工作压力≤0.8MPa，公称通径≤8mm 的塑料管的连接
快换管接头	带单向阀的	气源	拆卸时，当向左推卡套，钢球排到槽内，可向左抽出插头。同时在弹簧的作用下将单向阀推向右端，靠单向阀上的 O 形密封圈与接头体上的内锥面紧密贴合，封住气源 安装时，当向左推卡套，插入插头，将钢球排到槽 A 处，同时插头顶端顶开单向阀，使气流接通 拆装迅速，拆开后密封可靠 适用于工作压力 <1MPa 的气体管路连接
	不带单向阀的		无单向阀、拆开后不起密封作用，结构上比带单向阀的管接头简单，其他均同上
组合式管接头			由一个管接头体连接几种不同的管接头（卡箍式、卡套式、插入式）实现对不同材质管子的连接 互换性强，密封可靠 适用于气体介质工作压力 <1MPa 的棉线编织管、有色金属管、塑料管、尼龙管的连接

2.7.2　有色金属管接头

各种有色金属管接头的结构和尺寸见表 23.3-63 ~ 表 23.3-71。

表 23.3-63　卡套式直通终端管接头和卡套式直通管接头的结构和尺寸　（mm）

卡套式直通终端管接头　　卡套式直通管接头

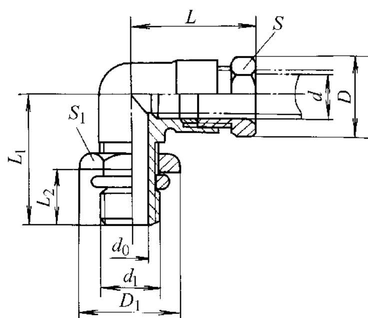
公称通径 D_g	管子外径 d	d_0	d_1	d_2	l	l_1	L	L_1	D_1	D_2	D	扳手尺寸			密封圈 GB 1235—1976
												S_1	S_2	S	
3	4	3	M5×0.8	11	24	7	36	25	11.5	11.5	13.8	10	10	12	7×1.9
4	6	4	M8×1	13	30	7	44	30	13.8	13.8	16.2	12	12	14	10×1.9
6	8	6	M10×1	15	33	8	47	32	16.2	16.2	19.6	14	14	17	12×1.9
8	10	8	M12×1.5	17	34	10	48	35	19.6	19.6	21.9	17	17	19	14×1.9
10	12	10	M16×1.5	20	36	12	52	39	21.9	21.9	25.4	19	19	22	18×2.4
15	18	15	M22×1.5	28	42	14	60	45	31.2	31.2	34.6	27	27	30	24×2.4
20	22	20	M27×2			16	70	51	41.6	41.6	41.6	36	36	36	30×3.1
25	28	25	M33×2			18	78	56	47.3	47.3	47.3	41	41	41	35×3.1

表 23.3-64　卡套式穿板直通管接头的结构和尺寸　(mm)

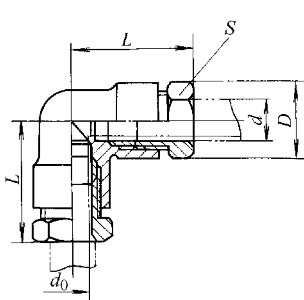
公称通径 D_g	管子外径 d	d_1	L	l	D	D_1	D_2	扳手尺寸		
								S_1	S_2	S
3	4	M12×1.5	37	24	19.6	11.5	16.2	10	14	17
4	6	M14×1.5	46	30	21.9	13.8	19.6	12	17	19
6	8	M16×1.5	49	33	25.4	16.2	21.9	14	19	22
8	10	M18×1.5	50	34	27.7	19.6	25.4	17	22	24
10	12	M22×1.5	54	36	31.2	21.9	27.7	19	24	27
15	18	M30×2	62	42	41.6	31.2	36.9	27	32	36
20	22	M36×2	70		47.3	41.6	47.3	36	41	41
25	28	M42×2	78		53.1	47.3	53.1	41	46	46

表 23.3-65　卡套式直角终端管接头、卡套式直角管接头、卡套式杆状直角管接头　(mm)

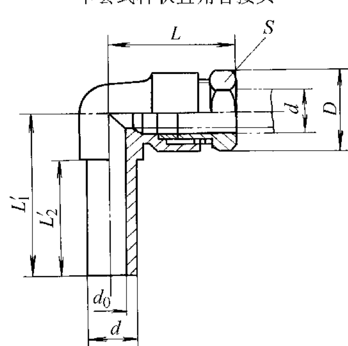
卡套式直角终端管接头



卡套式直角管接头



卡套式杆状直角管接头

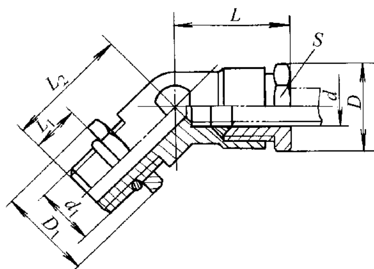


公称通径 D_g	管子外径 d	d_0	d_1	L	L_1	L_1'	L_2	L_2'	扳手尺寸				密封圈 GB 1235—1976
									D	D_1	S	S_1	
3	4	2.5、3①	M5×0.8	21	21	27	7	20	11.5	13.8	10	12	7×1.9
4	6	4	M8×1	25	23	34	7	25	13.8	16.2	12	14	10×1.9
6	8	6	M10×1	27	27	38	8	28	16.2	19.6	14	17	12×1.9
8	10	8	M12×1.5	28	31	40	10	29	19.6	21.9	17	19	14×1.9
10	12	10	M16×1.5	32	36	44	12	34	21.9	25.4	19	22	18×1.9
15	18	15	M22×1.5	41	43	54	14	37	31.2	31.2	27	27	24×2.4
20	22	20	M27×2	47	52	60	18	38	41.6	41.6	36	36	30×3.1
25	28	25	M33×2	53	59	66	20	41	47.3	47.3	41	41	35×3.1

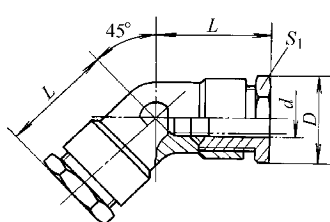
① 卡套式直角终端管接头和卡套式杆状直角管接头为 2.5mm，卡套式直角管接头为 3mm。

表 23.3-66　卡套式弯角终端管接头、卡套式弯角管接头　(mm)

卡套式弯角终端管接头



卡套式弯角管接头



（续）

公称通径 D_g	管子外径 d	d_1	L	L_1	L_2	D	D_1	扳手尺寸		密封圈 GB 1235—1976
								S_1	S	
3	4	M5×0.8	21	7	21	11.5	13.8	10	12	7×1.9
4	6	M8×1	23	7	23	13.8	16.2	12	14	10×1.9
6	8	M10×1	27	8	27	16.2	19.6	14	17	12×1.9
8	10	M12×1.5	28	10	31	19.6	21.9	17	19	14×1.9
10	12	M16×1.5	32	12	36	21.9	25.4	19	22	18×2.4
15	18	M22×1.5	41	14	43	31.3	31.2	27	27	24×2.4
20	22	M27×2	47	18	52	41.6	41.6	36	36	30×3.1
25	28	M33×2	53	20	59	47.3	47.3	41	41	35×3.1

表 23.3-67　卡套式铰接直角终端管接头　（mm）

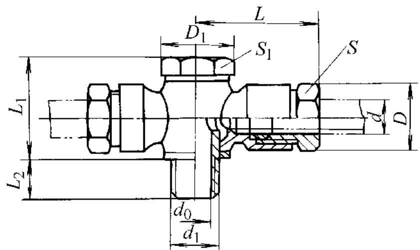
公称通径 D_g	管子外径 d	d_0	d_1	L	L_1	L_2	D	D_1	扳手尺寸	
									S	S_1
3	4	3	M5×0.8	25	19	7	11.5	11.5	10	10
4	6	4	M8×1	31	22	7	13.8	13.6	12	12
6	8	6	M10×1	34	26	8	16.2	16.2	14	14
8	10	8	M12×1.5	36	29	10	19.6	19.6	17	17
10	12	10	M16×1.5	40	32	12	21.9	25.4	19	22
15	18	15	M22×1.5	46	43	14	31.2	31.2	27	27
20	22	20	M27×2	56	54	17	41.6	41.6	36	36
25	28	25	M33×2	63	59	18	47.3	47.3	41	41

表 23.3-68　卡套式三通终端管接头、卡套式三通管接头、卡套式杆状三通管接头　（mm）

卡套式三通终端管接头　　卡套式三通管接头　　卡套式杆状三通管接头

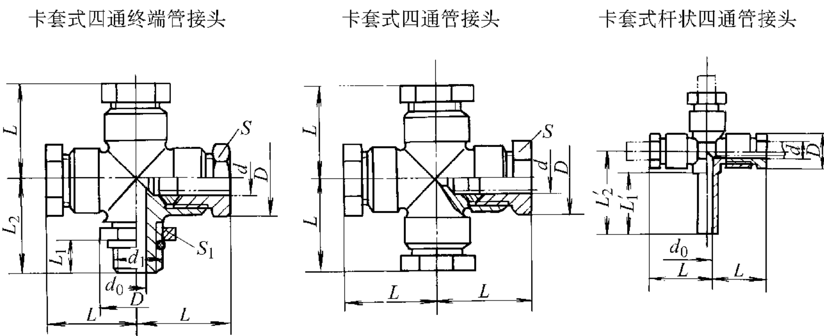
公称通径 D_g	管子外径 d	d_0	d'_0	d_1	L	L_1	L'_1	L_2	L'_2	D	D_1	扳手尺寸		密封圈 GB 1235—1976
												S	S_1	
3	4	2.5、3	2.5	M5×0.8	21	21	7	20	20	11.5	13.8	10	12	7×1.9
4	6	4	3.5	M8×1	25	23	7	25	25	13.8	16.2	12	14	10×1.9
6	8	6	5.5	M10×1	27	27	8	28	28	16.2	19.6	14	17	12×1.9
8	10	8	7.5	M12×1.5	28	31	10	29	29	19.6	21.9	17	19	14×1.9
10	12	10	9.5	M16×1.5	32	36	12	34	34	21.9	25.4	19	22	18×2.4
15	18	15	14.5	M22×1.5	41	43	14	37	37	31.2	31.2	27	27	24×2.4
20	22	20	18	M27×2	47	52	18	38	38	41.6	41.6	36	36	31×3.1
25	28	25	24	M33×2	53	59	20	41	41	47.3	47.3	41	41	35×3.1

表 23.3-69　卡套式铰接三通终端管接头　　（mm）



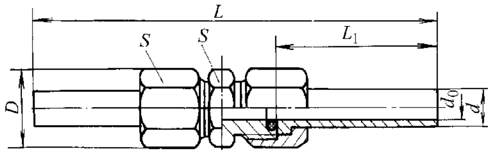
公称通径 D_g	管子外径 d	d_0	d_1	L	L_1	L_2	D	D_1	扳手尺寸	
									S	S_1
3	4	3	M5×0.8	25	19	7	11.5	11.5	10	10
4	6	4	M8×1	31	22	7	13.8	13.8	12	12
6	8	6	M10×1	34	26	8	16.2	16.2	14	14
8	10	8	M12×1.5	36	29	10	19.6	19.6	17	17
10	12	10	M16×1.5	40	32	12	21.9	25.4	19	22
15	18	15	M22×1.5	46	43	14	31.2	31.2	27	37
20	22	20	M27×2	56	54	16	41.6	41.6	36	36
25	28	25	M33×2	63	59	18	47.3	47.3	41	41

表 23.3-70　卡套式四通终端管接头、卡套式四通管接头、卡套式杆状四通管接头　　（mm）



公称通径 D_g	管子外径 d	d_0	d_1	L	L_1	L_1'	L_2	L_2'	D	D_1	扳手尺寸		密封圈 GB 1235—1976
											S	S_1	
3	4	3	M5×0.8	21	7	20	21	27	11.5	13.8	10	12	7×1.9
4	6	4	M8×1	25	7	25	23	34	13.8	16.2	12	14	10×1.9
6	8	6	M10×1.5	27	8	28	27	38	16.2	19.6	14	17	12×1.9
8	10	8	M12×1.5	28	10	29	31	40	19.6	21.9	17	19	14×1.9
10	12	10	M16×1.5	32	12	34	36	44	21.9	25.4	19	22	18×2.4
15	18	15	M22×1.5	41	14	37	43	54	31.2	31.2	27	27	24×2.4
20	22	20	M27×2	47	18	38	52	60	41.6	41.6	36	36	30×3.1
25	28	25	M30×2	53	20	41	59	66	47.3	47.3	41	41	35×3.1

表 23.3-71　对接式管接头 （mm）

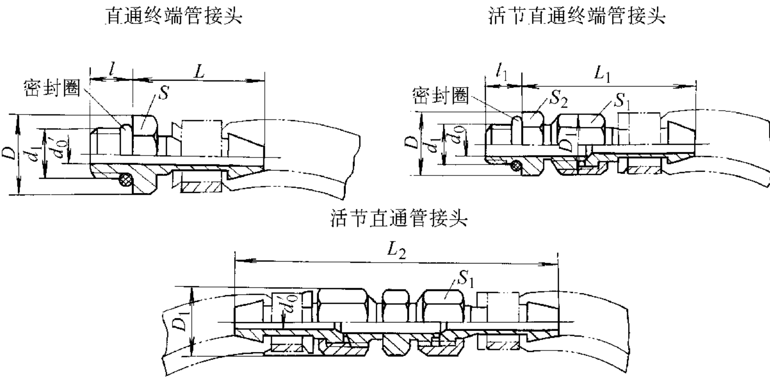


公称通径 D_g	使用管子外径 d	d_0	L	L_1	D	S	密封圈 GB 1235—1976
4	6	3.5	96	35	13.8	12	7×1.9
6	8	5.5	100	37	16.2	14	9×1.9
8	10	7.5	114	40	19.6	17	11×1.9
10	12	9.5	123	43	21.9	19	12×1.9
15	18	14.5	136	48	31.2	27	19×2.4
20	22	18	156	57	34.6	30	22×2.4
25	28	24	170	62	41.6	36	28×3.1

2.7.3　棉线编织胶管接头

各种棉线编织胶管接头的结构及尺寸见表23.3-72～表23.3-76。

表 23.3-72　直通终端管接头、活节直通终端管接头、活节直通管接头 （mm）



公称通径 D_g	胶管内径	d_0	d_0'	d_1	L	L_1	L_2	l	l_1	D	D_1	扳手尺寸		密封圈 GB 1235—1976
												S_1	S_2	
4	5	4	3.5	M8×1	27	43	82	7	28	13.8	13.8	12	12	10×1.9
6	6	6	5	M10×1	30	47	88	8	30	16.2	16.2	14	14	12×1.9
8	8	8	7	M12×1.5	34	54	100	10	34	19.6	19.6	17	17	14×1.9
10	10	10	9	M16×1.5	40	63	106	12	41	25.4	21.9	22	19	18×2.4
15	16	15	14.5	M22×1.5	46	70	128	14	45	31.2	31.2	27	27	24×2.4
20	19	20	17.5	M27×2	52	81	150	16	53	41.6	34.6	36	30	31×3.5
25	25	25	23.5	M33×2	57	90	166	18	60	47.3	41.6	41	36	35×3.5

表 23.3-73　直角、弯角终端管接头　(mm)

直角终端管接头　　弯角终端管接头

公称通径 D_g	胶管内径	d_0	d_1	L	L'	L_1	L_1'	D_1	D_2	扳手尺寸		O形密封圈 GB 1235—1976
										S_1	S_2	
4	5	4	M8×1	45	48	22	25	13.8	16.2	12	14	10×1.9
6	6	6	M10×1	50	50	25	26	16.2	19.6	14	17	12×1.9
8	8	8	M12×1.5	56	57	29	29	19.6	21.9	17	19	14×1.9
10	10	10	M16×1.5	65	65	34	33	21.9	27.7	19	22	18×2.4
15	16	15	M22×1.5	72	72	39	38	27.7	34.6	24	30	24×2.4
20	19	20	M27×2	85	84	47	45	34.6	41.6	30	36	31×3.5
25	25	25	M33×2	96	93	53	49	41.6	49.6	36	43	35×3.5

表 23.3-74　紧固胶管用卡箍　(mm)

1—卡带　2—卡壳　3—螺钉

调节范围 d	胶管通径	L	b	b_1	h	δ
10～16	4，6	15	12.5	10	9.2	0.8
13～19 16～25 19～29	8 10 15	18	14.5	12	9.8	0.8
22～32 22～38	20 25	25	15.5	13	11.2	1

表 23.3-75　紧固胶管用卡箍式管夹　(mm)

调节范围 d	胶管通径	L	b_{max}
14～16	4	10	6
16～18	6		
17～20	8		
19～22	10		
25～30	15	15	
29～34	20		
35～40	25		

表 23.3-76 管夹子 (mm)

型 号	胶管内径	L
QJA_2-O-19	19	32
QJA_2-O-25	25	42
QJA_2-O-32	32	52
QJA_2-O-38	38	62

2.7.4 PU 管、尼龙管用接头

（1）快拧式管接头 各种快拧式管接头的结构和尺寸见表 23.3-77 ~ 表 23.3-84。

（2）快插式管接头 各种快插式管接头的结构及尺寸见表 23.3-85 ~ 表 23.3-99。

表 23.3-77 快拧式直通终端管接头 (mm)

型号规格	公称通径 d	接管径 $D\times d$	接口螺纹 M			S	S_1	L	L_1
JSM-Z3	3	4×3	M6			10	10	25	6
JSM-Z4	4	6×4	M8×1			12	12	27	7
JSM-Z6	6	8×6	M10×1	G1/8	NPT1/8	14	14	30	8
JSM-Z8	8	10×8	M12×1.25	G1/4	NPT1/4	17	17	39	10
JSM-Z10	10	12×10	M16×1.5	G3/8	NPT3/8	19	19	38	12

表 23.3-78 快拧式直通管接头 (mm)

型号规格	公称通径 d	接管径 $D\times d$	S	S_1	L
JSM-3	3	4×3	10	10	30
JSM-4	4	6×4	12	12	32
JSM-6	6	8×6	14	14	35
JSM-8	8	10×8	17	17	39
JSM-10	10	12×10	19	19	45

表 23.3-79 快拧式直角终端管接头 (mm)

型号规格	公称通径 d	接管径 $D\times d$	接口螺纹 M			S	S_1	L	L_1	L_2
JSM-L-Z3	3	4×3	M6			10	10	25	6	21
JSM-L-Z4	4	6×4	M8×1			12	12	28	7	23
JSM-L-Z6	6	8×6	M10×1	G1/8	NPT1/8	14	14	30	8	25
JSM-L-Z8	8	10×8	M12×1.25	G1/4	NPT1/4	16	17	32	10	28
JSM-L-Z10	10	12×10	M16×1.5	G3/8	NPT3/8	19	19	35	12	33

表 23.3-80 快拧式直角管接头 (mm)

型号规格	公称通径 d	接管径 $D\times d$	S	L
JSM-L-3	3	4×3	10	25
JSM-L-4	4	6×4	12	28
JSM-L-6	6	8×6	14	30
JSM-L-8	8	10×8	17	32
JSM-L-10	10	12×10	19	35

表 23.3-81　快拧式三通终端管接头　　（mm）

型号规格	公称通径 d	接管径 $D\times d$	接口螺纹 M			S	S_1	L	L_1	L_2
JSM-3T-Z3	3	4×3	M6			10	10	46	6	20
JSM-3T-Z4	4	6×4	M8×1			12	12	52	7	22
JSM-3T-Z6	6	8×6	M10×1	G1/8	NPT1/8	14	14	56	7	23
JSM-3T-Z8	8	10×8	M12×1.25	G1/4	NPT1/4	17	17	60	9	26
JSM-3T-Z10	10	12×10	M16×1.5	G3/8	NPT3/8	19	19	66	10	30

表 23.3-82　快拧式三通管接头　　（mm）

型号规格	公称通径 d	接管径 $D\times d$	S	L	L_1
JSM-3T-3	3	4×3	10	46	21
JSM-3T-4	4	6×4	12	52	23
JSM-3T-6	6	8×6	14	56	24
JSM-3T-8	8	10×8	17	60	28
JSM-3T-10	10	12×10	19	66	33

表 23.3-83　快拧式四通终端管接头　　（mm）

型号规格	公称通径 d	接管径 $D\times d$	接口螺纹 M			S	S_1	L	L_1	L_2
JSM-4T-Z3	3	4×3	M6			10	10	46	6	21
JSM-4T-Z4	4	6×4	M8×1			12	12	52	7	22
JSM-4T-Z6	6	8×6	M10×1	G1/8	NPT1/8	14	14	56	8	25
JSM-4T-Z8	8	10×8	M12×1.25	G1/4	NPT1/4	16	17	60	10	28
JSM-4T-Z10	10	12×10	M16×1.5	G3/8	NPT3/8	19	19	66	12	33

表 23.3-84　快拧式四通管接头　　（mm）

型号规格	公称通径 d	接管径 $D\times d$	S	L
JSM-4T-3	3	4×3	10	46
JSM-4T-4	4	6×4	12	52
JSM-4T-6	6	8×6	14	56
JSM-4T-8	8	10×8	17	60
JSM-4T-10	10	12×10	19	66

表 23.3-85　快插式端直通管接头　　（mm）

适用管外径 ϕ	螺纹 T	L	A	F	S
4	M5×0.8P	21.9	4.6	15.9	10
4	PT1/8	21.6	8	15.9	10
4	PT1/4	20.6	10	15.9	14
6	M5×0.8P	23.6	4.6	16.5	10
6	NPT1/8	22.2	8	16.5	12
6	NPT1/4	21	10	16.5	14
6	NPT3/8	22	11	16.5	17

（续）

适用管外径 φ	螺纹 T	L	A	F	S
6	NPT1/2	29.3	14	16.5	22
8	NPT1/8	27.5	8	17.7	12
8	NPT1/4	25.5	10	17.7	14
8	NPT3/8	23	11	17.7	17
8	NPT1/2	29.7	14	17.7	22
10	NPT1/8	28.7	8	18.6	12
10	NPT1/4	30.7	10	18.6	14
10	NPT3/8	24.7	11	18.6	17
10	NPT1/2	29.7	14	18.6	22
12	NPT1/4	32.8	10	20.9	14
12	NPT3/8	29.8	11	20.9	17
12	NPT1/2	29.8	14	20.9	22

表 23.3-86 快插式端直通管接头(内螺纹) （mm）

适用管外径 φ	螺纹 T	L	A	F	S
4	NPT1/8	26.7	9	15.9	12
4	NPT1/4	28.7	11	15.9	14
6	NPT1/8	27.3	9	16.5	12
6	NPT1/4	29.3	11	16.5	14
6	NPT3/8	30.2	12	16.5	17
8	NPT1/8	28.5	9	17.7	12
8	NPT1/4	30.5	11	17.7	14
8	NPT3/8	31.5	12	17.7	17
10	NPT1/8	31.4	9	18.6	12
10	NPT1/4	31.5	11	18.6	14
10	NPT3/8	32.4	12	18.6	17
10	NPT1/2	34.4	14	18.6	22
12	NPT1/4	34.7	11	20.9	14
12	NPT3/8	34.7	12	20.9	17
12	NPT1/2	36.7	14	20.9	22

表 23.3-87 快插式穿板管接头 （mm）

适用管外径 φ	H	F	M	S
4	29.8	16.3	M12×1.0	14
6	33	17.6	M14×1.0	17
8	35.4	18.7	M16×1.0	19
10	37.8	19.6	M20×1.0	24
12	47.4	21.9	M22×1.0	26

表 23.3-88　快插式直角终端管接头　　（mm）

适用管外径 ϕ	螺纹 T	L	H	A	F	S
4	M5 ×0.8	27.25	23.8	4.6	16.8	10
4	NPT1/8	29.75	23.8	8	16.8	10
4	NPT1/4	31.75	23.8	10	16.8	14
6	M5 ×0.8	30.25	26.5	4.6	17.6	10
6	NPT1/8	32.75	26.5	8	17.6	12
6	NPT1/4	35.75	26.5	10	17.6	14
6	NPT3/8	36.75	26.5	11	17.6	17
8	NPT1/8	35.15	29.7	8	18.7	12
8	NPT1/4	38.15	29.7	10	18.7	14
8	NPT3/8	39.15	29.7	11	18.7	17
8	NPT1/2	42.15	29.7	14	18.7	22
10	NPT1/8	37.25	32.1	8	19.6	12
10	NPT1/4	40.25	32.1	10	19.6	14
10	NPT3/8	41.25	32.1	11	19.6	17
10	NPT1/2	44.25	32.1	14	19.6	22
12	NPT1/4	44.65	36.9	10	21.9	14
12	NPT3/8	45.65	36.9	11	21.9	17
12	NPT1/2	48.65	36.9	14	21.9	22

表 23.3-89　快插式三通终端管接头(T 形)　　（mm）

适用管外径 ϕ	螺纹 T	L	H	A	F	S
4	M5 ×0.8	27.25	37.6	4.6	16.8	10
4	NPT1/8	29.75	37.6	8	16.8	10
4	NPT1/4	31.75	41	10	16.8	14
6	M5 ×0.8	30.25	41	4.6	17.6	10
6	NPT1/8	32.75	41	8	17.6	12
6	NPT1/4	35.75	41	10	17.6	14
6	NPT3/8	36.75	44.4	11	17.6	17
8	NPT1/8	35.25	44.4	8	18.7	12
8	NPT1/4	38.25	44.4	10	18.7	14
8	NPT3/8	39.25	44.4	11	18.7	17
8	NPT1/2	42.25	47.2	14	18.7	22
10	NPT1/8	37.25	47.2	8	19.6	12
10	NPT1/4	40.25	47.2	10	19.6	14
10	NPT3/8	41.25	47.2	11	19.6	17
10	NPT1/2	44.25	54.8	14	19.6	22
12	NPT1/4	44.65	54.8	10	21.9	14
12	NPT3/8	45.65	54.8	11	21.9	17
12	NPT1/2	48.65	54.8	14	21.9	22

表 23.3-90 快插式三通终端管接头(G形) (mm)

适用管外径 φ	螺纹 T	L	H	A	F	S
4	M5×0.3	42.3	25.1	4.6	16.8	10
4	NPT1/8	45.3	25.1	8	16.8	10
4	NPT1/4	48.3	25.1	10	16.8	14
6	M5×0.8	46.1	28.1	4.6	17.6	10
6	NPT1/8	48.6	28.1	8	17.6	12
6	NPT1/4	51.2	28.1	10	17.6	14
6	NPT3/8	52.2	28.1	11	17.6	17
8	NPT1/8	52.2	30.9	8	18.7	12
8	NPT1/4	55.2	30.9	10	18.7	14
8	NPT3/8	56.2	30.9	11	18.7	17
8	NPT1/2	59.2	30.9	14	18.7	22
10	NPT1/8	55.6	34.6	8	19.6	12
10	NPT1/4	58.6	34.6	10	19.6	14
10	NPT3/8	59.6	34.6	11	19.6	17
10	NPT1/2	62.6	34.6	14	19.6	22
12	NPT1/4	64.8	40.3	10	21.9	14
12	NPT3/8	65.8	40.3	11	21.9	17
12	NPT1/2	68.8	40.3	14	21.9	22

表 23.3-91 快插式三通终端管接头(Y形) (mm)

适用管外径 φ	螺纹 T	L	H	A	F	S
4	M5×0.8	34.8	21	4.6	16.8	10
4	NPT1/8	41.3	21	8	16.8	10
4	NPT1/4	42.3	21	10	16.8	14
6	M5×0.8	41.6	25	4.6	17.6	10
6	NPT1/8	44.1	25	8	17.6	12
6	NPT1/4	47.1	25	10	17.6	14
6	NPT3/8	48.1	25	11	17.6	17
8	NPT1/8	45.5	29	8	18.7	12
8	NPT1/4	48.5	29	10	18.7	14
8	NPT3/8	48.5	29	11	18.7	17
8	NPT1/2	52.5	29	14	18.7	22
10	NPT1/8	49.2	35	8	19.6	12
10	NPT1/4	52.2	35	10	19.6	14
10	NPT3/8	53.2	35	11	19.6	17
10	NPT1/2	56.2	35	14	19.6	22
12	NPT1/4	54.4	41	10	21.9	14
12	NPT3/8	55.4	41	11	21.9	17
12	NPT1/2	58.4	41	14	21.9	22

表 23.3-92　快插式直通管接头　（mm）

适用管外径 ϕ	F	d	L	H
4	16.8	3.3	12.75	34.6
6	17.6	3.3	14.75	36.8
8	18.7	4.3	19.85	39.4
10	19.6	4.3	20	43.2
12	21.9	4.3	23.3	47.8

表 23.3-93　快插式直角管接头　（mm）

适用管外径 ϕ	F	d	L	H
4	16.8	3.3	24.2	36.6
6	17.6	3.3	27.5	41.8
8	18.7	4.3	30.65	44.9
10	19.6	4.3	34.05	48.2
12	21.9	4.3	39.85	56.8

表 23.3-94　快插式三通管接头　（mm）

适用管外径 ϕ	F	d	L	H
4	16.8	3.3	24.2	36.6
6	17.6	3.3	27.5	41.8
8	18.7	4.3	30.65	44.9
10	19.6	4.3	34.05	48.2
12	21.9	4.3	39.85	56.8

表 23.3-95　快插式直通变径管接头　（mm）

适用管外径		F－C	F－D	ϕE	ϕF	H
ϕA	ϕB					
6	4	17.6	16.8	12.5	10.5	36.6
8	6	18.7	17.6	14.5	12.5	37.6
10	8	19.6	18.7	17.5	14.5	41
12	10	21.9	19.6	20.5	17.5	44

表 23.3-96　快插式三通管接头(Y 形)　（mm）

适用管外径 ϕ	F	L	P	H
4	16.8	37.1	ϕ10.5	21
6	17.6	40.2	ϕ12.5	25
8	18.7	43.4	ϕ14.5	29
10	19.6	47.7	ϕ17.5	35
12	21.9	53.3	ϕ20.5	41

表 23.3-97 快插式三通管接头（Y 形变径） （mm）

适用管外径 ϕA	适用管外径 ϕB	$F-C$	$F-D$	ϕE	ϕF	L	H
6	4	17.6	16.8	12.5	10.5	37.9	21
8	6	18.7	17.6	14.5	12.5	41.3	25
10	8	19.6	18.7	17.5	14.5	43.3	29
12	10	21.9	19.6	20.5	17.5	46.5	35

表 23.3-98 快插式四通管接头 （mm）

适用管外径 ϕ	L	H
4	37.9	36.6
6	42.5	41.8
8	46.8	44.9
10	50.5	48.2
12	57.2	54.8

表 23.3-99 快插式气缸限流管接头 （mm）

适用管外径	T	S	D_1	D_2	L_1	L_2	L_3	L_4 最大	L_4 最小	A 最大	A 最小	M_1	重量 /g
4	M5×0.8	8	8.9	9.6	18.8	23.6	12.3	28.6	25.8	25.0	22.2	14.5	6.4
6			11.0		20.2	25.0	11.7					15.5	6.7
4	G1/8	12	8.9	14.2	21.1	28.2	14.3	36.1	31.1	32.1	29.1	14.5	16.1
6			11.0		22.5	29.6						15.5	16.4
8			15.2		25.3	32.4						18.5	18.9
4	G1/4	17	8.9	18.5	23.3	32.5	18.2	40.4	35.4	34.4	29.4	14.5	31.4
6			11.0		23.9	33.1						15.5	31.6
8			15.2		27.2	36.4						18.5	33.9
6	G1/4	19	11.0	23	26.4	37.9	20	45.4	40.5	40	35	15.5	53
8			15.2		29.5	41						18.5	53.5
6	G3/8	19	11.0	23	26.4	37.9	20.9	46.5	41.5	40	3.5	15.5	54.5
8			15.2		29.5	41.0						18.5	56.9
10			18.5		31.8	43.3						21.0	58.8
12			20.9		32.8	44.3						22.0	60.4
10	G1/2	24	18.5	28.6	33.6	47.9	25.4	57.6	50.1	49.6	42.1	21.0	99.7
12			20.9		34.6	48.9						22.0	101.0

2.7.5　快换管接头

各种快换管接头见表 23. 3-100、表 23. 3-101。

表 23. 3-100　快换终端管接头、快换管接头　（mm）

快速终端管接头（不带单向阀）

快换管接头（不带单向阀）

公称通径 D_g	胶管内径	d_0	d	L	L'	L_1	D	D_1	S_1	密封圈 GB 1235—1976
4	4	3. 5	M8 × 1	58	69	6	20	13. 8	12	10 × 1. 9
6	6	5	M10 × 1	61. 5	71. 5	8	24	16. 2	14	12 × 1. 9
8	8	7	M12 × 1. 5	69. 5	81. 5	10	25	19. 6	17	13 × 1. 9
10	10	9	M16 × 1. 5	78. 5	91. 5	12	29	21. 9	19	18 × 2. 4
15	16	14. 5	M22 × 1. 5	91. 5	104. 5	14	38	31. 2	27	24 × 2. 4
20	19	18	M27 × 1. 5	97	114	16	43	36. 9	32	30 × 3. 1
25	25	23. 5	M33 × 1. 5	107	124	18	49	41. 6	36	35 × 3. 1

表 23. 3-101　带单向阀的快换管接头　（mm）

带单向阀的快换终端管接头

带单向阀的快换管接头

带单向阀的快换对接管接头

（续）

公称通径 D_g	胶管内径	d_0	d	L	L_1	l	D	D_1	S	密封圈 GB 1235—1976
4	4	3.5	M8×1	79	95	7	20	16.2	14	10×1.9
6	6	5	M10×1	83.5	101	8	24	19.6	17	12×1.9
8	8	7	M12×1.5	93.5	112	10	25	21.9	19	14×1.9
10	10	9	M16×1.5	103.7	125	12	29	25.4	22	18×1.9
15	16	14.5	M22×1.5	118.5	143	14	38	31.2	27	24×2.4
20	19	18	M27×2	133	160	16	43	36.9	32	30×3.1
25	25	23.5	M33×2	145	173	18	49	47.3	41	35×3.1

2.7.6 组合式管接头

各种组合式管接头的结构及尺寸见表23.3-102～表23.3-106。

表23.3-102 组合式直通管接头(卡箍式、插入式接头的组合) (mm)

1—卡箍式接头 2—插入式接头

公称通径	胶管内径 d_0	接管外径 d	L	D	S
3		4			
4	5	6	80	13.8	12
6	6	8	87	16.2	14
8	8	10	87	19.6	17
10	10	12	106	25.4	22
15	16	18		31.2	27

表23.3-103 组合式直角管接头、组合式弯角管接头 (mm)

组合式直角管接头（卡套式、插入式接头的组合）

组合式弯角管接头（卡套式、卡箍式接头的组合）

1—卡套式接头 2—插入式接头 3—半箍式接头

公称通径	胶管内径 d_0	接管外径 d	L	L'	L_1
3		4		33	20
4	5	6	46	37	25
6	6	8	52	41	27
8	8	10	57	44	28
10	10	12	64	50	32
15	16	18	78		41

表23.3-104 组合式三通管接头(卡箍式、卡套式、插入式接头的组合) (mm)

1—卡箍式接头 2—卡套式接头 3—插入式接头

公称通径	胶管内径 d_0	接管外径 d	L_1	L_2	L_3
3		4	20	33	
4	5	6	25	37	46
6	6	8	27	41	52
8	8	10	28	44	57
10	10	12	32	50	64
15	16	18	41		78

表 23.3-105　组合式四通终端管接头(卡箍式、卡套式、插入式接头的组合)　　(mm)

1—卡箍式管接头　2、4—卡套式管接头
3—插入式管接头

公称通径	胶管内径 d_0	接管外径 d	d_1	L_1	L_2	L_3	L_4	l
3		4	M6	20	33		31	6
4	5	6	M8×1	25	37	36	38	7
6	6	8	M10×1	27	41	52	42	8
8	8	10	M12×1.5	28	44	57	46	10
10	10	12	M16×1.5	32	50	64	53	12
15	16	18	M22×1.5	41		78	65	14

表 23.3-106　组合式直通穿板管接头(卡箍式、卡套式接头的组合)　　(mm)

1—卡箍式管接头
2—卡套式管接头

公称通径	胶管内径 d_0	接管外径 d	d_1	L	扳手尺寸							
					D	S	D_1	S_1	D_2	S_2	D_3	S_3
3		4	M12×1.5		19.6	17			16.2	14	11.5	10
4	5	6	M14×1.5	68	21.9	19	13.8	12	19.6	17	13.8	12
6	6	8	M16×1.5	73	25.4	22	16.2	14	21.9	19	16.2	14
8	8	10	M18×1.5	77	27.7	24	19.6	17	25.4	22	19.6	17
10	10	12	M22×1.5	85	31.2	27	25.4	22	27.7	24	21.9	19
15	16	18	M30×2	98	41.6	36	31.2	27	36.9	32	31.2	27

第 4 章　气动执行元件

1　气缸

1.1　气缸的分类及工作原理

1.1.1　气缸的分类

普通气缸的结构组成见图 23.4-1。主要由前端盖 2、后端盖 9、活塞 6、活塞杆 4、缸筒 5 等零件组成。

气缸的种类很多。一般按压缩空气作用在活塞面上的方向、结构特征和安装方式来分类。气缸的类型及安装形式见表 23.4-1、表 23.4-2。

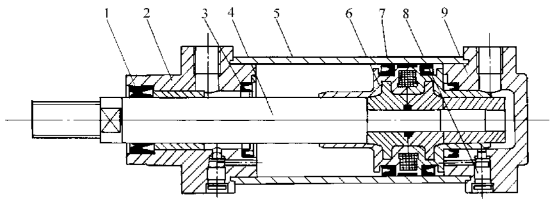


图 23.4-1　普通气缸

1—组合防尘圈　2—前端盖　3—轴用 Y_x 密封圈　4—活塞杆　5—缸筒　6—活塞　7—孔用 Y_x 密封圈　8—缓冲调节阀　9—后端盖

表 23.4-1　气缸的类型

类别	名　称	简　图	特　点
单作用气缸	柱塞式气缸		压缩空气只能使柱塞向一个方向运动；借助外力或重力复位
	活塞式气缸		压缩空气只能使活塞向一个方向运动；借助外力或重力复位
			压缩空气使活塞向一个方向运动；借助弹簧力复位；用于行程较小的场合
	薄膜式气缸		以膜片代替活塞的气缸。单向作用；借助弹簧力复位；行程短；结构简单，缸体内壁不须加工；须按行程比例增大直径。若无弹簧，用压缩空气复位，即为双向作用薄膜式气缸。行程较长的薄膜式气缸膜片受到滚压，常称滚压(风箱)式气缸
双作用气缸	普通气缸		利用压缩空气使活塞向两个方向运动，活塞行程可根据实际需要选定，双向作用的力和速度不同
	双活塞杆气缸		压缩空气可使活塞向两个方向运动，且其速度和行程都相等
	不可调缓冲气缸		设有缓冲装置以使活塞临近行程终点时减速，防止冲击，缓冲效果不可调整
	可调缓冲气缸		缓冲装置的减速和缓冲效果可根据需要调整
特殊气缸	差动气缸		气缸活塞两侧有效面积差较大，利用活塞两侧的力差使活塞往复运动，工作时活塞杆侧始终通以压缩空气

（续）

类别	名　　称	简　　图	特　　点
特殊气缸	双活塞气缸		两个活塞同时向相反方向运动
	多位气缸		活塞杆沿行程长度方向可在多个位置停留，图示结构有四个位置
	串联气缸		在一根活塞杆上串联多个活塞，可获得和各活塞有效面积总和成正比的输出力
	冲击气缸		利用突然大量供气和快速排气相结合的方法得到活塞杆的快速冲击运动，用于切断、冲孔、打击工件等
	数字气缸		将若干个活塞沿轴向依次装在一起，每个活塞的行程由小到大，按几何级数增加
	回转气缸		进排气导管和导气头固定而气缸本体可相对转动。用于机床夹具和线材卷曲装置上
	伺服气缸		将输入的气压信号成比例地转换为活塞杆的机械位移。用于自动调节系统中
	挠性气缸		缸筒由挠性材料制成，由夹住缸筒的滚子代替活塞。用于输出力小，占地空间小，行程较长的场合，缸筒可适当弯曲
	伸缩气缸		活塞杆为多段短套筒形状组成的气缸，可获得很长的行程，推力和速度随行程而变化
	伸出行程可调气缸		活塞杆的行程，根据实际使用情况可进行适当的调节
	缩回位置可调气缸		
	钢索式气缸		以钢丝绳代替刚性活塞杆的一种气缸，用于小直径，特长行程的场合
组合气缸	增压气缸		活塞面积不相等，根据力平衡原理，可由小活塞端输出高压气体
	气-液增压缸		液体可看作是不可压缩的，根据力的平衡原理，利用两两相连活塞面积的不等，压缩空气驱动大活塞，小活塞便可输出相应比例的高压液体
	气-液阻尼缸		利用液体不可压缩的性能及液体流量易于控制的优点，获得活塞杆的稳速运动

表 23.4-2　气缸的安装形式

分类			简图	说明
固定式气缸	支座式	轴向支座 MS1 式		轴向支座，支座上承受力矩，气缸直径越大，力矩越大
		切向支座式		
	法兰式	前法兰 MF1 式		前法兰紧固，安装螺钉受拉力较大
		后法兰 MF2 式		后法兰紧固，安装螺钉受拉力较小
		自配法兰式		法兰由使用单位视安装条件现配
轴销式气缸	尾部轴销式	单耳轴销 MP4 式		气缸可绕尾轴摆动
		双耳轴销 MP2 式		
	头部轴销式			气缸可绕头部轴摆动
	中间轴销 MT4 式			气缸可绕中间轴摆动

1.1.2　气缸的工作原理

（1）单作用气缸

单作用气缸只有一腔可输入压缩空气，实现一个方向运动。其活塞杆只能借助外力将其推回；通常借助于弹簧力、膜片张力、重力等。图 23.4-2 所示为单作用气缸的结构原理图。

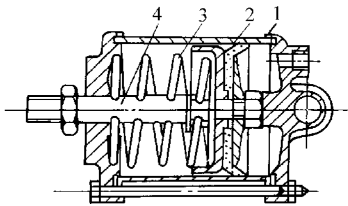


图 23.4-2　单作用气缸
1—缸体　2—活塞　3—弹簧　4—活塞杆

单作用气缸的特点是：

1）仅一端进(排)气，结构简单，耗气量小。

2）用弹簧力或膜片力等复位，压缩空气能量的一部分用于克服弹簧力或膜片张力，因而减小了活塞杆的输出力。

3）缸内安装弹簧、膜片等，一般行程较短，与相同体积的双作用气缸相比，有效行程小一些。

4）气缸复位弹簧、膜片的张力均随变形大小变化，因而活塞杆的输出力在行进过程中是变化的。

由于以上特点，单作用活塞气缸多用于短行程。其推力及运动速度均要求不高的场合，如定位和夹紧等装置上。单作用柱塞缸则不然，可用在长行程、高载荷的场合。

（2）双作用气缸

双作用气缸指两腔都可输入压缩空气，实现双向运动的气缸。其结构可分为双活塞杆式、单活塞杆式、双活塞式、缓冲式和非缓冲式等。此类气缸使用最为广泛。

1）双活塞杆双作用气缸。双活塞杆气缸有缸体固定和活塞杆固定两种，其工作原理见图 23.4-3。

缸体固定时，其所带载荷(如工作台)与气缸两活塞杆连成一体，压缩空气依次进入气缸两腔(一腔进气另一腔排气)，活塞杆带动工作台左右运动，工作台运动范围等于其有效行程 s 的 3 倍。安装所占空间大，一般用于小型设备上。

活塞杆固定时，为管路连接方便，活塞杆制成空心，缸体与载荷(工作台)连成一体，压缩空气从空心活塞杆的左端或右端进入气缸两腔，使缸体带动工作台向左或向右运动，工作台的运动范围为其有效行

程 s 的 2 倍。适用于中、大型设备。

双活塞杆气缸因两端活塞杆直径相等，故活塞两侧受力面积相等。当输入压力、流量相同时，其往返运动输出力及速度均相等。

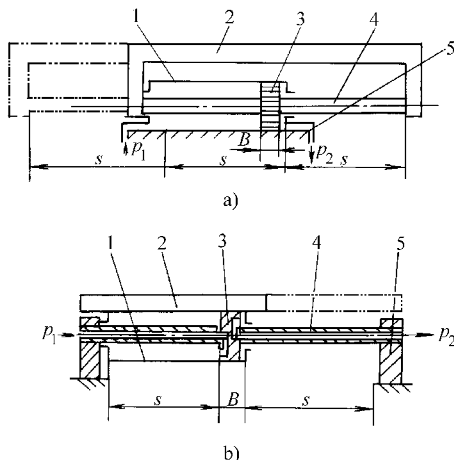


图 23. 4-3　双活塞杆双作用气缸

a）缸体固定　b）活塞杆固定

1—缸体　2—工作台　3—活塞

4—活塞杆　5—机架

2）缓冲气缸。对于接近行程末端时速度较高的气缸，不采取必要措施，活塞就会以很大的力(能量)撞击端盖，引起振动和损坏机件。为了使活塞在行程末端运动平稳，不产生冲击现象，在气缸两端加设缓冲装置，一般称为缓冲气缸。缓冲气缸见图 23. 4-4，主要由活塞杆 1、活塞 2、缓冲柱塞 3、单向阀 5、节流阀 6、端盖 7 等组成。其工作原理是：当活塞在压缩空气推动下向右运动时，缸右腔的气体经柱塞孔 4 及缸盖上的气孔 8 排出。在活塞运动接近行程末端时，活塞右侧的缓冲柱塞 3 将柱塞孔 4 堵死，活塞继续向右运动时，封在气缸右腔内的剩余气体被压缩，缓慢地通过节流阀 6 及气孔 8 排出，被压缩的气体所产生的压力如果能与活塞运动所具有的全部能量相平衡，即会取得缓冲效果，使活塞在行程末端运动平稳，不产生冲击。调节节流阀 6 阀口开度的

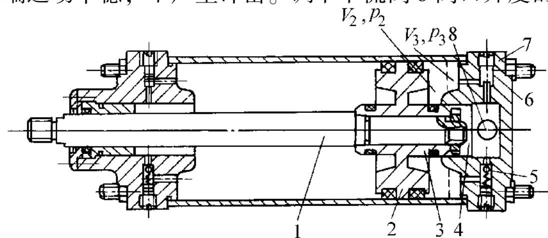


图 23. 4-4　缓冲气缸

1—活塞杆　2—活塞　3—缓冲柱塞　4—柱塞孔

5—单向阀　6—节流阀　7—端盖　8—气孔

大小，即可控制排气量的多少，从而决定了被压缩容积(称缓冲室)内压力的大小，以调节缓冲效果。若令活塞反向运动时，从气孔 8 输入的压缩空气，可直接顶开单向阀 5，推动活塞向左运动。如节流阀 6 阀口开度固定，不可调节，即称为不可调缓冲气缸。

气缸所设缓冲装置种类很多，上述只是其中之一，当然也可以在气动回路上采取措施，达到缓冲目的。

（3）组合气缸

组合气缸一般指气缸与液压缸相组合形成的气-液阻尼缸、气-液增压缸等。众所周知，通常气缸采用的工作介质是压缩空气，其特点是动作快，但速度不易控制，当载荷变化较大时，容易产生“爬行”或“自走”现象；而液压缸采用的工作介质是通常认为不可压缩的液压油，其特点是动作不如气缸快，但速度易于控制，当载荷变化较大时，采用措施得当，一般不会产生“爬行”和“自走”现象。把气缸与液压缸巧妙组合起来，取长补短，即成为气动系统中普遍采用的气-液阻尼缸。

如图 23. 4-5 所示的气-液阻尼缸实际是气缸与液压缸串联而成，两活塞固定在同一活塞杆上。液压缸不用泵供油，只要充满油即可，其进出口间装有液压单向阀、节流阀及补油杯。当气缸右端供气时，气缸克服载荷带动液压缸活塞向左运动(气缸左端排气)，此时液压缸左端排油，单向阀关闭，油只能通过节流阀流入液压缸右腔及油杯内，这时若将节流阀阀口开大，则液压缸左腔排油通畅，两活塞运动速度就快，反之，若将节流阀阀口关小，液压缸左腔排油受阻，两活塞运动速度会减慢。这样，调节节流阀开口大小，就能控制活塞的运动速度。可以看出，气液阻尼缸的输出力应是气缸中压缩空气产生的力(推力或拉力)与液压缸中油的阻尼力之差。

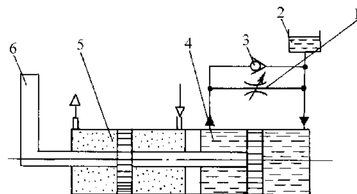


图 23. 4-5　气-液阻尼缸

1—节流阀　2—油杯　3—单向阀

4—液压缸　5—气缸　6—外载荷

气-液阻尼缸的类型有多种。按气缸与液压缸的连接形式，可分为串联型与并联型两种。前面所述为串联型，图 23. 4-6 所示为并联型气-液阻尼缸。串联型缸体较长，加工与安装时对同轴度要求较高；有时两缸间会产生窜气窜油现象。并联型缸体较短、结构

紧凑，气、液缸分置，不会产生窜气窜油现象，因液压缸工作压力可以相当高，液压缸可制成相当小的直径(不必与气缸等直径)，但因气、液两缸安装在不同轴线上，会产生附加力矩，会增加导轨装置的磨损，也可能产生“爬行”现象。串联型气-液阻尼缸还有液压缸在前或在后之分，液压缸在后参见图 23.4-6，液压缸活塞两端作用面积不等，工作过程中需要储油或补油，油杯较大。如将液压缸放在前面(气缸在后面)，则液压缸两端都有活塞杆，两端作用面积相等，除补充泄漏之外就不存在储油、补油问题，油杯可以很小。

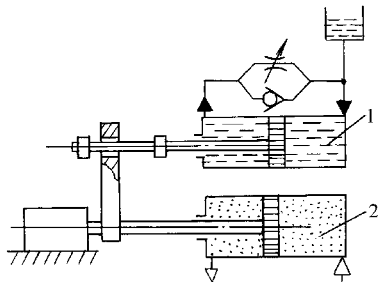


图 23.4-6　并联型气-液阻尼缸
1—液压缸　2—气缸

按调速特性可分为：

1）慢进慢退式。

2）慢进快退式。

3）快进慢进快退式。

其调速特性及应用见表 23.4-3。

就气-液阻尼缸的结构而言，可分为多种型式：节流阀、单向阀单独设置或装于缸盖上；单向阀装在活塞上(如挡板式单向阀)；缸壁上开孔、开沟槽、缸内滑柱式、机械浮动连接式、行程阀控制快速趋近式等。活塞上有挡板式单向阀的气-液阻尼缸见图 23.4-7。活塞上带有挡板式单向阀，活塞向右运动时，挡板离开活塞，单向阀打开，液压缸右腔的油通过活塞上的孔(即挡板单向阀孔)流至左腔，实现快退，用活塞上孔的多少和大小来控制快退时的速度。活塞向左运动时，挡板挡住活塞上的孔，单向阀关闭，液压缸左腔的油经节流阀流至右腔(经缸外管路)，调节节流阀的开度即可调节活塞慢进的速度。其结构较为简单，制造加工较方便。

图 23.4-8 所示为采用机械浮动连接的快速趋近式气-液阻尼缸原理图。靠液压缸活塞杆端部的 T 形顶块与气缸活塞杆端部的拉钩间有一空行程 s_1 实现空程快速趋近，然后再带动液压缸活塞，通过节流阻尼，实现慢进。返程时也是先走空行程 s_1，再与液压活塞一起运动，通过单向阀，实现快退。

图 23.4-9 所示是又一种浮动连接气-液阻尼缸。与前者的区别在于：T 形顶块和拉钩装设位置不同，前者设置在缸外部，后者设置在气缸活塞杆内，结构紧凑但不易调整空行程 s_1。(前者调节顶丝即可方便调节 s_1 的大小)。

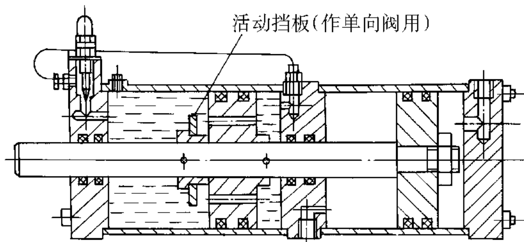


图 23.4-7　活塞上有挡板式单向阀的气-液阻尼缸

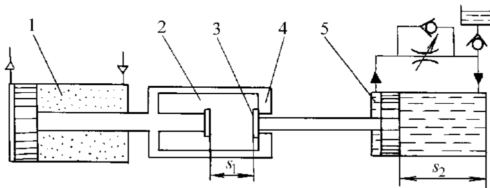


图 23.4-8　浮动连接气-液阻尼缸原理图
1—气缸　2—顶丝　3—T 形顶块
4—拉钩　5—液压缸

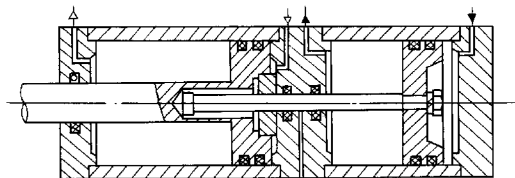


图 23.4-9　浮动连接气-液阻尼缸

(4) 特殊气缸

1）冲击气缸。冲击气缸是把压缩空气的能量转化为活塞、活塞杆高速运动的能量，利用此动能去做功。

冲击气缸分普通型和快排型两种。

① 普通型冲击气缸。普通型冲击气缸的结构见图 23.4-10。与普通气缸相比，此种冲击气缸增设了蓄气缸和带流线形喷气口及具有排气孔的中盖。其工作原理及工作过程可简述为如下五个阶段(见图 23.4-11)：

第一阶段：复位段。见图 23.4-10 和图23.4-11a，接通气源，换向阀处复位状态，孔 A 进气，孔 B 排气，活塞 5 在压差的作用下，克服密封阻力及运动部件重量而上移，借助活塞上的密封胶垫封住中盖上的喷气口 4。中盖和活塞之间的环形空间经过排气小孔

表 23.4-3　气-液阻尼缸调速特性及应用

调速方式	结构示意图	特 性 曲 线	作 用 原 理	应　　用
双向节流调速		s 慢进 慢退 t	在气-液阻尼缸的回油管路装设可调式节流阀，使活塞往复运动的速度可调并相同	适用于空行程及工作行程都较短的场合（$s<20$mm）
单向节流调速		s 慢进 快退 t	将一单向阀和一节流阀并联在调速油路中。活塞向右运动时，单向阀关闭，节流慢进；活塞向左运动时，单向阀打开，不经节流快退	适用于空行程较短而工作行程较长的场合
快速趋近单向节流调速	e g a f	s 慢进 快退 快进 t	将液压缸的 f 点与 a 点用管路相通，活塞开始向右运动时，右腔油经由 $fgea$ 回路直接流入 a 端实现快速趋近，当活塞移过 f 点，油只能经节流阀流入 a 端，实现慢进，活塞向左运动时，单向阀打开，实现快退	由于快速趋近，节省了空程时间，提高了生产率，是各种机床、设备最常用的方式

3 与大气相通。最后，活塞有杆腔压力升高至气源压力，蓄气缸内压力降至大气压力。

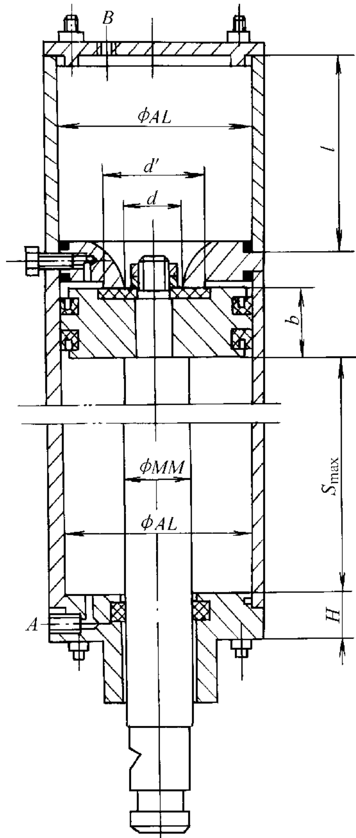


图 23.4-10　普通型冲击气缸

第二阶段：储能段。见图 23.4-10 和图 23.4-11b，换向阀换向，B 孔进气充入蓄气缸腔内，A 孔排气。由于蓄气缸腔内压力作用在活塞上的面积只是喷气口 4 的面积，它比有杆腔压力作用在活塞上的面积要小得多，故只有待蓄气缸内压力上升，有杆腔压力下降，直到下列力平衡方程成立时，活塞才开始移动

$$\frac{\pi}{4}d^2(p_{30}-1.013\times10^5)+G$$
$$=\frac{\pi}{4}(D^2-d_1^2)(p_{20}-1.013\times10^5)+F_{f0}\tag{23.4-1}$$

式中　d——中盖喷气口直径(m)；

p_{30}——活塞开始移动瞬时蓄气缸腔内压力(绝对压力)(Pa)；

p_{20}——活塞开始移动瞬时有杆腔内压力(绝对压力)(Pa)；

G——运动部件(活塞、活塞杆及锤头模具等)所受的重力(N)；

D——活塞直径(m)；

d_1——活塞杆直径(m)；

F_{f0}——活塞开始移动瞬时的密封摩擦力(N)。

若不计式(23.4-1)中的 G 和 F_{f0} 项，且令 $d=d_1$，$d_1=\frac{1}{3}D$，则当 $p_{20}-1.013\times10^5=\frac{1}{8}(p_{20}-1.013\times10^5)$时，活塞才开始移动。这里的 p_{20}、p_{30} 均为绝对压力。可见活塞开始移动瞬时，蓄气缸腔与有杆腔的

压力差很大。这一点很明显地与普通气缸不同。

第三阶段：冲击段。活塞开始移动瞬时，蓄气缸腔内压力 p_{30} 可认为已达气源压力 p_s，同时，容积很小的无杆腔通过排气孔3与大气相通，故无杆腔压力 p_{10} 接近于大气压力 p_a。由于 p_a/p_s 大于临界压力比0.528，所以活塞开始移动后，在最小流通截面处（喷气口与活塞之间的环形面）为声速流动，使无杆腔压力急剧增加，直至与蓄气缸腔内压力平衡。该平衡压力略低于气源压力。以上可以称为冲击段的第Ⅰ区段。第Ⅰ区段的作用时间极短（只有几毫秒）。在第Ⅰ区段，有杆腔压力变化很小，故第Ⅰ区段末，无杆腔压力 p_1（作用在活塞全面积上）比有杆腔压力 p_2（作用在活塞杆侧的环状面积上）大得多，活塞在这样大的压差力作用下，获得很高的运动加速度，使活塞高速运动，即进行冲击。在此过程 B 口仍在进气，蓄气缸腔至无杆腔已连通且压力相等，可认为蓄气-无杆腔内为略带充气的绝热膨胀过程。同时有杆腔排气孔 A 通流面积有限，活塞高速冲击势必造成有杆腔内气体迅速压缩（排气不畅），有杆腔压力会迅速升高（可能高于气源压力）这必将引起活塞减速，直至下降到速度为零。以上可称为冲击段的第Ⅱ区段。可认为第Ⅱ区段的有杆腔内为边排气的绝热压缩过程。整个冲击段时间很短，约几十毫秒，见图23.4-11c。

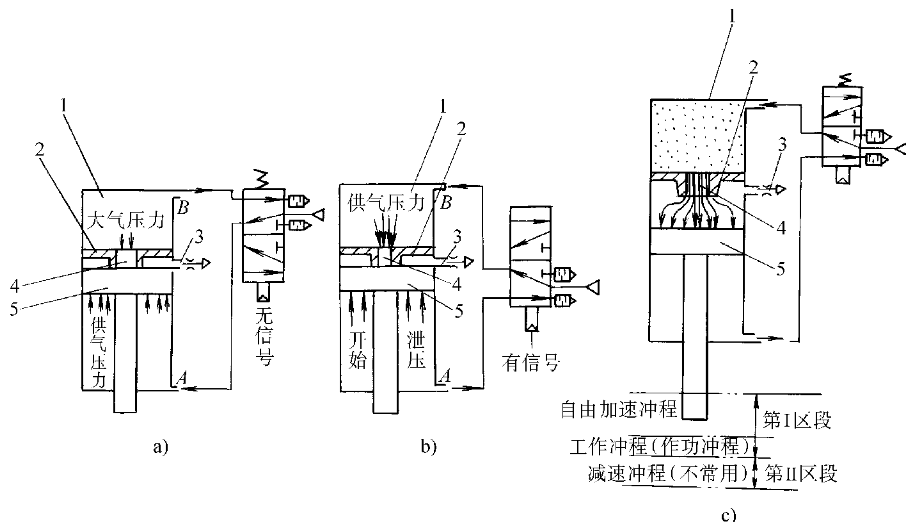


图23.4-11　普通型冲击气缸的工作原理
1—蓄气缸　2—中盖　3—排气孔　4—喷气口　5—活塞

第四阶段：弹跳段。在冲击段之后，从能量观点来说，蓄气缸腔内的压力能转化成活塞动能，而活塞的部分动能又转化成有杆腔的压力能，结果造成有杆腔压力比蓄气-无杆腔压力还高，即形成“气垫”，使活塞产生反向运动，结果又会使蓄气-无杆腔压力增加，且又大于有杆腔压力。如此便出现活塞在缸体内来回往复运动——即弹跳。直至活塞两侧压力差克服不了活塞阻力不能再发生弹跳为止。待有杆腔气体由 A 排空后，活塞便下行至终点。

第五阶段：耗能段。活塞下行至终点后，如换向阀不及时复位，则蓄气-无杆腔内会继续充气直至达到气源压力。再复位时，冲入的这部分气体又需全部排掉。可见这种充气不能做有用功，故称之为耗能段。实际使用时应避免此段（令换向阀及时换向返回复位段）。

对内径 $D=90$mm 的气缸，在气源压力0.65MPa下进行实验，所得冲击气缸特性曲线见图23.4-12。上述分析基本与特性曲线相符。

对冲击段的分析可以看出，很大的运动加速度使活塞产生很大的运动速度，但由于必须克服有杆腔不断增加的背压力及摩擦力，则活塞速度又要减慢，因此，在某个冲程处，运动速度必达最大值，此时的冲击能也达最大值。各种冲击作业应在这个冲程附近进行（见图23.4-11c）。

冲击气缸在实际工作时，锤头模具撞击工件做完功，一般就借助行程开关发出信号使换向阀复位换向，缸即从冲击段直接转为复位段。这种状态可认为不存在弹跳段和耗能段。

② 快排型冲击气缸。由上述普通型冲击气缸原理可见，其一部分能量（有时是较大部分能量）被消耗于克服背压（即 p_2）做功，因而冲击能没有充分利用。假如在冲击一开始，就让有杆腔气体全排空，即使有杆腔压力降至大气压力，则冲击过程中，可节省大量的能量，使冲击气缸发挥更大的作用，输出更大

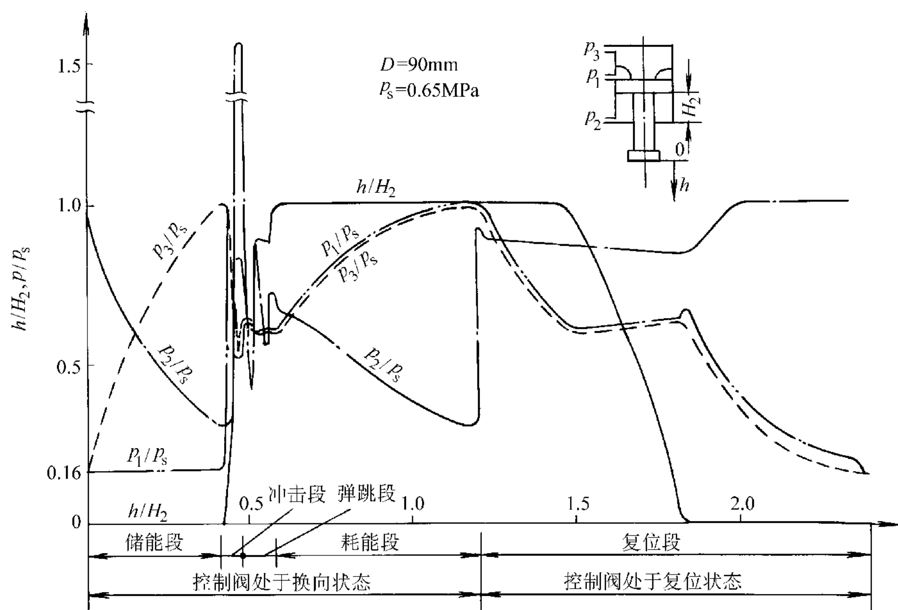


图 23. 4-12　冲击气缸特性曲线

的冲击能。这种在冲击过程中，使有杆腔压力接近于大气压力的冲击气缸，称为快排型冲击气缸，其结构见图 23. 4-13a。

快排型冲击气缸是在普通型冲击气缸的下部增加了“快排机构”构成的。快排机构是由快排导向盖 1、快排缸体 4、快排活塞 3、密封胶垫 2 等零件组成。

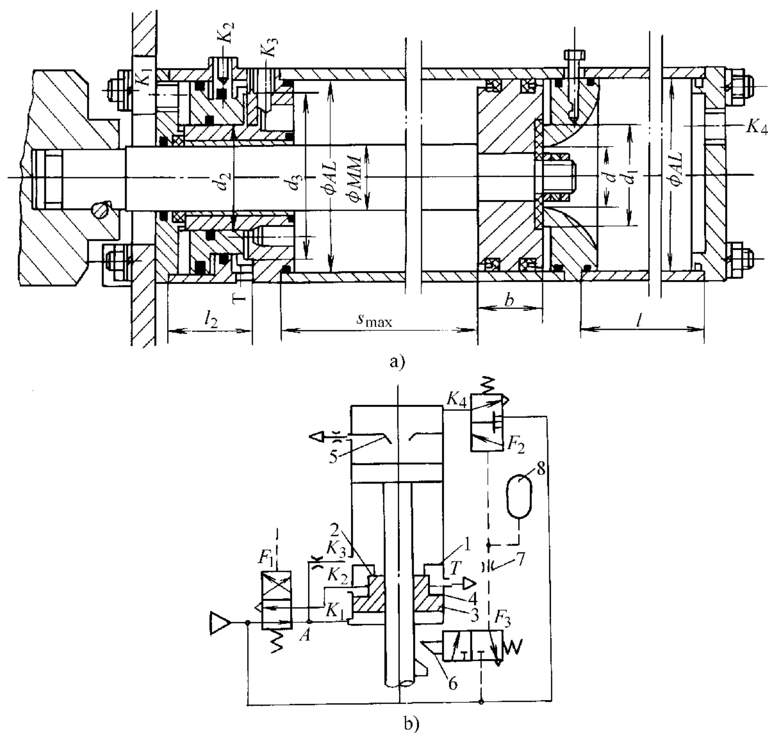


图 23. 4-13　快排型冲击气缸结构及控制回路

a）结构图　b）控制回路

1—快排导向盖　2—密封胶垫　3—快排活塞　4—快排缸体　5—中盖

6—推杆　7—气阻　8—气容　T—方孔

快排型冲击气缸的气控回路见图23.4-13b。接通气源，通过阀 F_1 同时向 K_1、K_3 充气，K_2 通大气。阀 F_1 输出口 A 用直管与 K_1 孔连通，而用弯管与 K_3 孔连通，弯管气阻大于直管气阻。这样，压缩空气先经 K_1 使快排活塞3推到上边，由快排活塞3与密封胶垫2一起切断有杆腔与排气口 T 的通道。然后经 K_3 孔向有杆腔进气，无杆腔气体经 K_4 孔通过阀 F_2 排气，则活塞上移。当活塞封住中盖喷气口时，装在锤头上的压块触动推杆6，切换阀 F_3，发出信号控制阀 F_2 使之切换，这样气源便经阀 F_2 和 K_4 孔向蓄气腔内充气，一直充至气源压力。

冲击工作开始时，使阀 F_1 切换，则 K_2 进气，K_1 和 K_3 排气，快排活塞下移，有杆腔的压缩空气便通过快排导向盖1上的多个圆孔(8个)，再经过快排缸体4上的多个方孔 T(10余个)及 K_3 直接排至大气中。因为上述多个圆孔和方孔的通流面积远远大于 K_3 的通流面积，所以有杆腔的压力可以在极短的时间内降低到接近于大气压力。当降到一定压力时，活塞便开始下移。锤头上压块便离开行程阀 F_3 的推杆6，阀3在弹簧的作用下复位。由于接有气阻7和气容8，阀 F_3 虽然复位，但 F_2 却延时复位，这就保证了蓄气缸腔内的压缩空气用来完成使活塞迅速向下冲击的工作。否则，若 F_3 复位，F_2 同时复位的话，蓄气缸腔内压缩空气就会在锤头没有运动到行程终点之前已经通过 K_4 孔和阀 F_2 排气了，所以当锤头开始冲击后，F_2 的复位动作需延时几十毫秒。因所需延时时间不长，冲击缸冲击时间又很短，往往不用气阻、气容也可以，只要阀 F_2 的换向时间比冲击时间长就可以了。

在活塞向下冲击的过程中，由于有杆腔气体能充分地被排空，故不存在普通型冲击气缸有杆腔出现的较大背压，因而快排型冲击气缸的冲击能是同尺寸的普通型冲击气缸冲击能的3~4倍。

2）数字气缸。如图23.4-14所示，它由活塞1、缸体2、活塞杆3等件组成。活塞的右端有T字头，活塞的左端有凹形孔，后面活塞的T字头装入前面活塞的凹形孔内，由于缸体的限制，T字头只能在凹形孔内沿缸轴向运动，两者不能脱开，若干活塞如此顺序串联置于缸体内，T字头在凹形孔中左右可移动的范围就是此活塞的行程量。不同的进气孔 A_1 ~ A_i(可能是 A_1，或是 A_1 和 A_2，或是 A_1、A_2 和 A_3，还可能是 A_1 和 A_3，或 A_2 和 A_3 等)输入压缩空气(0.4~0.8MPa)时，相应的活塞就会向右移动，每个活塞的向右移动都可推动活塞杆3向右移动，因此，活塞杆3每次向右移动的总距离等于各个活塞行程量的总和。这里 B 孔始终与低压气源相通(0.05~0.1MPa)，当 A_1 ~ A_i 孔排气时，在低压气的作用下，活塞会自动退回原位。各活塞的行程大小，可根据需要的总行程 s 按几何级数由小到大排列选取。设 $s=35$mm，采用3个活塞，则各活塞的行程分别取 $a_1=5$mm，$a_2=10$mm，$a_3=20$mm。如 $s=31.5$mm，可用6个活塞，则口 a_1、a_2、a_3、…、a_6 分别设计为0.5、1、2、4、8、16mm，由这些数值组合起来，就可在0.5~31.5mm范围内得到0.5mm整数倍的任意输出位移量。而这里的 a_1、a_2、a_3、…、a_i 可根据需要设计成各种不同数列，就可以得到各种所需数值的行程量。

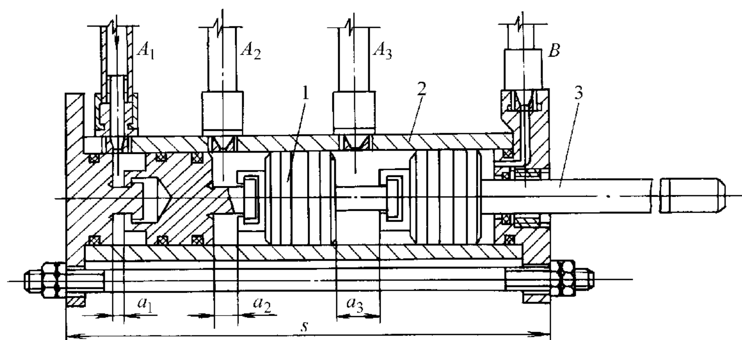


图23.4-14　数字气缸

1—活塞　2—缸体　3—活塞杆

3）回转气缸。如图23.4-15a所示，主要由导气头体、缸体、活塞、活塞杆组成。这种气缸的缸体3连同缸盖6及导气头芯10可被其他动力(如车床主轴)带动回转，活塞4及活塞杆1只能做往复直线运动，导气头体9外接管路，固定不动。

回转气缸的结构如图23.4-15b所示。为增大其输出力采用两个活塞串联在一根活塞杆上，这样其输出力比单活塞也增大约一倍，且可减小气缸尺寸，导气头体与导气头芯因需相对转动，装有滚动轴承，并以研配间隙密封，应设油杯润滑以减少摩擦，避免烧损或卡死。

回转气缸主要用于机床夹具和线材卷曲等装置上。

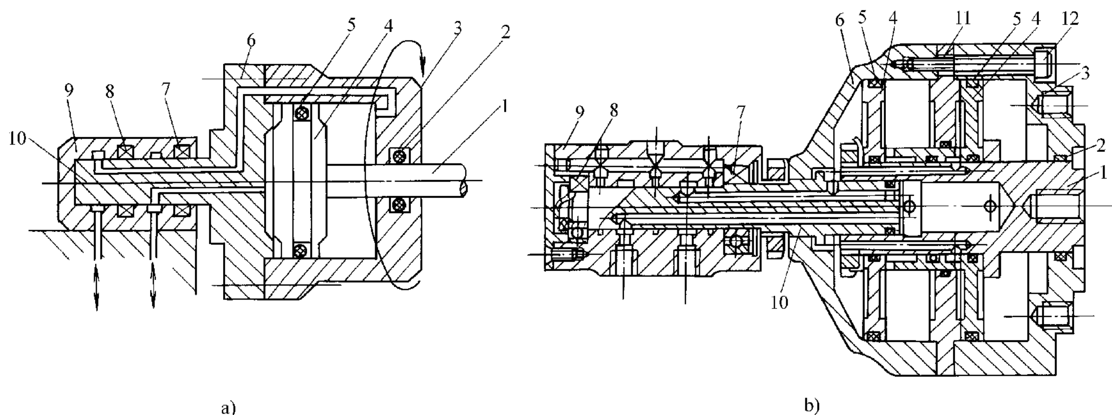


图23.4-15　回转气缸

a）原理图　b）结构图

1—活塞杆　2、5—密封圈　3—缸体　4—活塞　6—缸盖　7、8—轴承

9—导气头体　10—导气头芯　11—中盖　12—螺栓

4）挠性气缸。挠性气缸是以挠性软管作为缸筒的气缸。常用挠性气缸有两种：一种是普通挠性气缸，见图23.4-16，由活塞、活塞杆及挠性软管缸筒组成。一般都是单作用活塞气缸，活塞的回程靠其他外力。其特点是安装空间小，行程可较长。

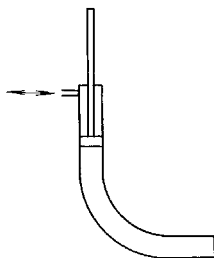


图23.4-16　普通挠性气缸

第二种挠性气缸是滚子挠性气缸，见图23.4-17。由夹持滚子代替活塞及活塞杆，夹持滚子设在挠性缸筒外表面，*A* 端进气时，左端挠性筒膨胀，*B* 端排气，夹持在缸筒外部的滚子在膨胀端的作用下，向右移动，滚子夹带动载荷运动。这种气缸的特点是所占空间小，输出力较小，载荷率较低，可实现双作用。

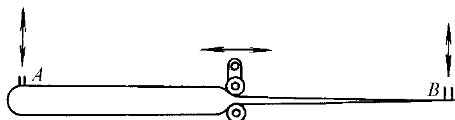


图23.4-17　滚子挠性气缸

5）钢索式气缸。钢索式气缸见图23.4-18，是以柔软的、弯曲性大的钢丝绳代替刚性活塞杆的一种气缸。活塞与钢丝绳连在一起，活塞在压缩空气推动下往复运动，钢丝绳带动载荷运动。

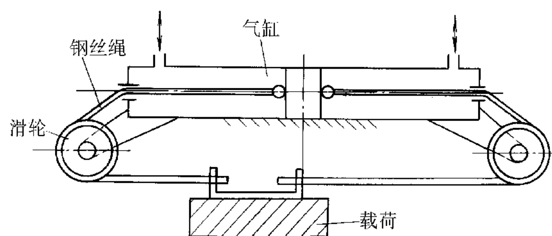


图23.4-18　钢索式气缸

这种气缸的特点是可制成行程很长的气缸，如制成直径为25mm，行程为6m左右的气缸也不困难。钢索与导向套间易产生泄漏。

6）伸缩气缸。图23.4-19为多层套筒式单作用伸缩缸。主要由导套1、活塞杆2、套筒3、缸筒4、半环5等组成。其特点是轴向体积小，行程较大。

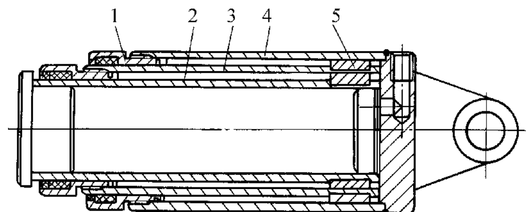


图23.4-19　伸缩气缸

1—导套　2—活塞杆

3—套筒　4—缸筒　5—半环

7）行程可调气缸。行程可调气缸见图23.4-20，其调节结构有两种形式：①伸出位置可调；②缩回位置可调。它们分别由缓冲垫1、调节螺母2、锁紧螺母3和调节杆6或调节螺杆4和调节螺母5组成，4

连接工作机构。其特点是其伸出或缩回位置可进行较精确调整。

8）磁性无活塞杆气缸。图 23.4-21 所示为磁性无活塞杆气杆，它是在活塞上安装一组强磁性的永久磁环，一般为稀土磁性材料。磁力线通过薄壁缸筒(不锈钢或铝合金无导磁材料等制成)与套在外面的另一组磁环作用，由于两组磁环极性相反，具有很强的吸力。当活塞在缸筒内被气压推动时，则在磁力作用下，带动缸筒外的磁环套一起移动。因此，气缸活塞的推力必须与磁环的吸力相适应。为增加吸力可以增加磁环数目，磁力气缸中间不可能增加支撑点，当缸径≥25mm 时，最大行程只能≤2m。

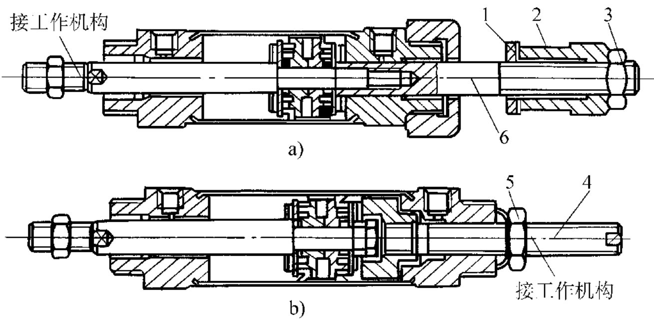


图 23.4-20　行程可调气缸
1—缓冲垫　2、5—调节螺母　3—锁紧螺母
4—调节螺杆　6—调节杆

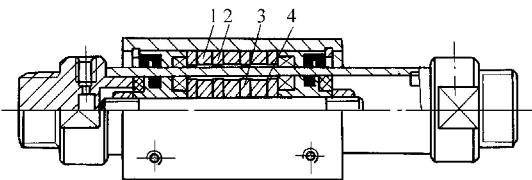


图 23.4-21　磁性无活塞杆气缸
1—外磁环　2—外隔圈　3—内隔圈
4—内磁环

1.2　气缸的设计与计算

1.2.1　气缸的设计步骤

1）根据工作机构运动要求和结构要求选择气缸的类型及安装方式(见表 23.4-1 和表 23.4-2)。

2）根据工作机构载荷及速度要求，计算气缸直径。计算缸径一般应圆整为标准缸径(见表 23.4-4)。

3）由气缸直径及工作压力，计算、选择缸筒壁厚，计算活塞杆直径(杆径也需圆整为标准值,见表 23.4-5)。

4）根据工作要求及缸的类型，确定气缸各部结构、材料、技术要求等。

5）进行缓冲及耗气量等计算。

6）若采用标准气缸，在计算出气缸直径后即可选取适当气缸产品。

1.2.2　气缸的基本参数

气缸的基本参数为气缸内径、活塞杆直径等。可分别参考表 23.4-4 和表 23.4-5 所推荐的数值。

表 23.4-4　缸筒内径系列　（mm）

8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	（90）	100
（110）	125	（140）	160	（180）	200	（220）	250	320	400	500	630	

注：无括号的数值为优先选用者。

表 23.4-5　活塞杆直径系列　（mm）

4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28
32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100	110	125
140	160	180	200	220	250	280	320	360	400			

1.2.3　气缸有关计算

（1）活塞杆上输出力和缸径的计算

1）双作用气缸。单活塞杆双作用气缸是使用最为广泛的一种普通气缸，见图 23.4-22。因其只在活塞一侧有活塞杆，所以压缩空气作用在活塞两侧的有

效面积不等。活塞左行时活塞杆产生推力 F_1，活塞右行时活塞杆产生拉力 F_2。

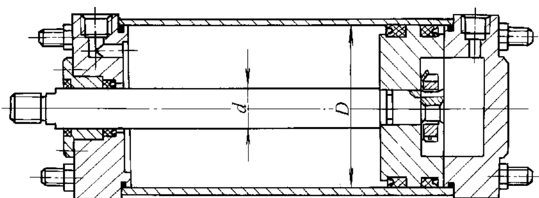


图 23.4-22　双作用气缸

$$F_1=\frac{\pi}{4}D^2p-F_z \tag{23.4-2}$$

$$F_2=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)p-F_z \tag{23.4-3}$$

式中　F_1——活塞杆的推力(N)；

F_2——活塞杆的拉力(N)；

D——活塞直径(m)；

d——活塞杆直径(m)；

p——气缸工作压力(Pa)；

F_z——气缸工作时的总阻力(N)。

气缸工作时的总阻力 F_z 与众多因素有关，如运动部件惯性力、背压阻力、密封处摩擦力等。以上因素可以用载荷率 η 计入公式。则气缸的静推力 F_1 和静拉力 F_2 为

$$F_1=\frac{\pi}{4}D^2p\eta \tag{23.4-4}$$

$$F_2=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)p\eta \tag{23.4-5}$$

计入载荷率就能保证气缸工作时的动态特性。若气缸动态参数要求较高；且工作频率高，其载荷率一般取 $\eta=0.3\sim0.5$，速度高时取小值，速度低时取大值。若气缸动态参数要求一般，且工作频率低，基本是匀速运动，其载荷率可取 $\eta=0.7\sim0.85$。

由式(23.4-4、23.4-5)可求得气缸直径 D。

当推力作功时

$$D=\sqrt{\frac{4F_1}{\pi p\eta}} \tag{23.4-6}$$

当拉力作功时

$$D=\sqrt{\frac{4F_2}{\pi p\eta}+d^2} \tag{23.4-7}$$

用式(23.4-7)计算时，活塞杆直径 d 可根据气缸拉力预先估定，详细计算见活塞杆的计算。估定活塞杆直径可按 $d/D=0.2\sim0.3$ 计算(必要时也可取 $d/D=0.16\sim0.4$)。若将 $d/D=0.16\sim0.4$ 代入式(23.4-7)，则可得

$$D=(1.01\sim1.09)\sqrt{\frac{4F_2}{\pi p\eta}} \tag{23.4-8}$$

式中系数在缸径较大时取小值，缸径较小时取大值。

以上公式计算出的气缸内径 D 应圆整为标准值(见表 23.4-4)。

柱塞式气缸的柱塞直径可按式(23.4-6)求出。

2）单作用气缸。如图 23.4-23 所示的单向作用气缸，活塞杆上输出推力必须克服弹簧的反作用力和活塞杆工作时的总阻力，其公式应为

$$F_1=\frac{\pi}{4}D^2p-F_t \tag{23.4-9}$$

式中　F_t——弹簧反作用力，其余符号意义同前

$$F_t=C(l+s) \tag{23.4-10}$$

$$C=\frac{Gd_1^4}{8D_1^3n} \tag{23.4-11}$$

$$D_1=D_2-d_1 \tag{23.4-12}$$

式中　C——弹簧刚度(N/m)；

l——弹簧预压缩量(m)；

s——活塞行程(m)；

G——弹簧材料切变模量(Pa)；

d_1——弹簧钢丝直径(m)；

D_1——弹簧平均直径(m)；

D_2——弹簧外径(m)；

n——弹簧有效圈数。

考虑载荷率 η 的影响，则

$$F_1=\frac{\pi}{4}D^2p\eta-F_t \tag{23.4-13}$$

单向作用气缸直径

$$D=\sqrt{\frac{4(F_1+F_t)}{\pi p\eta}} \tag{23.4-14}$$

计算出的缸径 D 也应按标准圆整。

如果采用非弹簧复位的单作用气缸，式中 F_t 为其复位力(自重或配重等)。

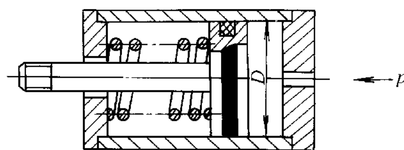


图 23.4-23　单作用气缸

（2）活塞杆的计算

1）按强度条件计算。当活塞杆的长度 L 较小时($L\leqslant10d$)，可以只按强度条件计算活塞杆直径 d

$$d\geqslant\sqrt{\frac{4F_1}{\pi\sigma_p}} \tag{23.4-15}$$

式中　F_1——气缸的推力(N)；

σ_p——活塞杆材料的许用应力(Pa)，$\sigma_p=\sigma_b/S$；

σ_b——材料的抗拉强度(Pa)；

S——安全系数，$S \geqslant 1.4$。

2）按纵向弯曲极限力计算。气缸承受轴向压力以后，会产生轴向弯曲，当纵向力达到极限力 F_i 以后，活塞杆会产生永久性弯曲变形，出现不稳定现象。该极限力与缸的安装方式、活塞杆直径及行程有关。

当长细比 $\frac{L}{i} \geqslant 85\sqrt{n}$ 时

$$F_i = \frac{n\pi^2 EI}{L^2} \tag{23.4-16}$$

当长细比 $L/i < 85\sqrt{n}$ 时

$$F_i = \frac{fA_1}{1 + \frac{a}{n}\left(\frac{L}{i}\right)^2} \tag{23.4-17}$$

式中　L——活塞杆计算长度(m)，见表 23.4-6；

i——活塞杆横截面惯性半径

实心杆 $i = \sqrt{\frac{I}{A_1}} = \frac{d}{4}$

空心杆 $i = \frac{\sqrt{d^2 + d_0^2}}{4}$；

I——活塞杆断面惯性矩

实心杆 $I = \frac{\pi d^4}{64}$

空心杆 $I = \frac{\pi(d^4 - d_0^4)}{64}$；

d_0——空心活塞杆内孔直径(m)；

A_1——活塞杆截面积

实心杆 $A_1 = \frac{\pi}{4}d^2$

空心杆 $A_1 = \frac{\pi}{4}(d^2 - d_0^2)$；

n——系数，见表 23.4-6；

E——材料弹性模量，对钢取 $E = 2.1 \times 10^{11}$ Pa；

f——材料强度实验值，对钢取 $f = 49 \times 10^7$ Pa；

a——系数，对钢取 $a = 1/5000$。

若纵向推力载荷(总载荷)超过极限力 F_i，就应采取相应措施。在其他条件(行程、安装方式)不变的前提下，多以加大活塞杆直径 d 来解决。

（3）缸筒壁厚的计算

缸筒直接承受压力，需有一定厚度。由于一般气缸缸筒壁厚与内径之比 $\delta/D \leqslant 1/10$，所以通常可按薄壁筒公式计算

$$\delta = \frac{Dp_t}{2[\sigma]} \tag{23.4-18}$$

式中　δ——气缸筒的壁厚(m)；

D——气缸筒内径(缸径)(m)；

p_t——气缸试验压力，一般取 $p_t = 1.5p$；

p——气缸工作压力(Pa)；

$[\sigma]$——缸筒材料许用应力(Pa)，$[\sigma] = \sigma_b/S$；

σ_b——材料抗拉强度(Pa)；

S——安全系数，一般取 $S = 6 \sim 8$。

表 23.4-6　活塞杆计算长度 L 及系数 n

n	安装方式
铰支-铰支 $n = 1$	
固定-自由 $n = 1/4$	
固定-铰支 $n = 2$	
固定-固定 $n = 1$	

常用缸筒材料有：铸铁 HT150 或 HT200 等，其

$[\sigma]=30$MPa；Q235A 钢管、20 钢管，其$[\sigma]=60$MPa；铝合金 ZL 其$[\sigma]=3$MPa；45 钢，其$[\sigma]=100$MPa。

通常计算出的缸筒壁厚都相当薄，但考虑到机械加工，缸筒两端要安装缸盖等需要，往往将气缸筒壁厚作适当加厚，且尽量选用标准内径和壁厚的钢管和铝合金管。表 23.4-7 所列气缸筒壁厚值可供参考。

表 23.4-7　气缸筒壁厚　(mm)

材　料	气缸直径							
	50	80	100	125	160	200	250	320
	壁　厚							
铸铁 HT150	7	8	10	10	12	14	16	16
钢 Q235A、45、20 号无缝管	5	6	7	7	8	8	10	10
铝合金 ZL_3	8～12		12～14			14～17		

(4) 缓冲计算

缓冲效果的计算至今尚无精确方法。通常是使缓冲装置容许吸收的能量与活塞运动产生的全部能量相平衡，以减小和消除冲击，保证气缸正常工作。

工作机构(活塞、活塞杆及所有一起运动的部件)在运行至接近行程末端时所具有的全部能量 E_1 可用下式计算

$$E_1=E_d+E_m\pm E_g-E_f \quad (23.4\text{-}19)$$

式中　E_d——作用在活塞上的气压产生的能量(气压能)(J)；

E_m——由于惯性力产生的活塞动能(J)；

E_g——气缸非水平安装时由于重力产生的正方向或反方向的能量(J)；

E_f——作用在相反方向的摩擦能(J)。

各项能量计算如下

$$E_d=p_1A_1s_1 \quad (23.4\text{-}20)$$

$$E_m=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}\frac{G}{g}v^2 \quad (23.4\text{-}21)$$

$$E_g=G_1s_1 \quad (23.4\text{-}22)$$

$$E_f=F_fs_1 \quad (23.4\text{-}23)$$

式中　p_1——气缸的工作压力(Pa)；

A_1——承受工作压力侧活塞有效面积(m^2)；

s_1——缓冲行程长度(m)；

m——运动部件的总质量(kg)；

G——运动部件的总重力(N)；

g——重力加速度，$g=9.81m/s^2$；

v——活塞运动速度(m/s)；

F_f——总摩擦力(N)；

G_1——气缸在非水平安装时，运动部件的总重力(重力在轴线方向的分力)(N)，在计算 E_1 时，缓冲装置在上方 E_g 前取“-”号，缓冲装置在下方 E_g 前取“+”号。

缓冲装置借助缓冲柱塞堵住柱塞孔(气缸只能经节流阀排气时)使所封闭的缓冲室内的气体被压缩(略带放气的压缩)，从而吸收所需缓冲的能量。其过程可认为是有少量放气的绝热过程。缓冲装置能吸收的最大能量视气缸强度而定。因而缓冲装置容许吸收的能量 E_2 为

$$E_2=\frac{k}{k-1}p_2V_2\left[\left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}-1\right]=3.5p_2V_2\left[\left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{0.286}-1\right] \quad (23.4\text{-}24)$$

式中　p_2——气缸排气背压力(绝对压力)(Pa)；

V_2——缓冲柱塞堵死缓冲柱塞孔(缸径节流阀排气)时，环形缓冲室的容积(m^3)；

p_3——缓冲气室内最后达到的气体压力，即吸收缓冲的能量后的气体压力，最高值等于气缸安全强度所容许的气体压力(绝对压力)(Pa)；

k——气体绝热指数，对空气 $k=1.4$。

缓冲装置满足工作要求的条件是

$$E_1\leqslant E_2 \quad (23.4\text{-}25)$$

若不能满足工作要求，应采取加大缓冲行程 s_1 等方法，或采用其他有效方法进行缓冲。

(5) 耗气量的计算

一个气缸的耗气量与其直径、行程、缸的动作时间及从换向阀到气缸导气管道的容积等有关。在实际应用中，从换向阀到气缸导气管道容积与气缸容积相比往往很小，故可忽略不计。那么气缸单位时间压缩空气消耗量可按下式计算

$$q_V=q_{V_1}\text{或}q_V=q_{V_2} \quad (23.4\text{-}26)$$

$$q_{V_1}=\frac{\pi}{4}\frac{D^2s}{t_1} \quad (23.4\text{-}27)$$

$$q_{V_2}=\frac{\pi}{4}\frac{(D^2-d^2)s}{t_2} \quad (23.4\text{-}28)$$

式中　q_V——每秒钟压缩空气消耗量(m^3/s)，当是双作用缸或单作用缸无活塞杆腔工作以及是柱塞缸时均用 $q_V=q_{V1}$，当是气缸有活塞杆腔工作时用 $q_V=q_{V2}$；

q_{V_1}——缸前进时(杆伸出)无杆腔(包括柱塞缸)压缩空气消耗量(m^3/s)；

q_{V_2}——缸后退时(杆缩回)有杆腔压缩空气消

耗量(m^3/s)；

D——气缸内径(柱塞缸的柱塞直径(m))；

d——活塞杆直径(m)；

t_1——气缸前进(杆伸出)时完成全行程所需时间(s)；

t_2——气缸后退(杆缩回)时完成全行程所需时间(s)；

s——气缸的行程(m)。

为了便于选用空气压缩机，可按下式将压缩空气消耗量换算为自由空气消耗量：

$$q_{V_z}=\frac{q_V p}{p_a} \qquad (23.4\text{-}29)$$

式中　q_{V_z}——每秒钟自由空气消耗量(m^3/s)；

p——气缸的工作压力(绝对压力)(Pa)；

p_a——标准大气压(绝对压力)，$p_a=1.013\times 105$Pa。

(6) 冲击气缸设计计算

设计冲击气缸一般要求冲击能量大，冲击效率高，冲击频率高。通常以此为目的来确定冲击气缸各部分的尺寸。

1) 冲击气缸的主要性能指标有：

① 冲击能 E。冲击气缸的冲击能是指其运动部件在运动过程中所具有的动能。冲击气缸的最大冲击能就是冲击速度达最大值时，运动部件所具有的能量

$$E=\frac{1}{2}mv^2 \qquad (23.4\text{-}30)$$

$$E_{max}=\frac{1}{2}mv_{max}^2 \qquad (23.4\text{-}31)$$

式中　v、v_{max}——锤头运动的速度、最大速度(m/s)；

m——运动部件(活塞、活塞杆、锤头模具等)的质量(kg)。

最大冲击能 E_{max} 就是冲击气缸的最大作功能力。

② 工作冲程范围。最大冲击能的冲程(行程)记作 s_E。规定冲击能达 90% 以上最大冲击能的一段冲程(行程)称为工作冲程范围。冲击缸作功的实际工作冲程应处于上述工作冲程范围内。

③ 耗气量。耗气量是指冲击气缸单位时间所消耗的自由空气量。

如果忽略冲击过程中向蓄气缸腔内充入的气量，且冲击完毕活塞立即复位返回，则冲击一次消耗的压缩空气体积 V_p 就是蓄气缸腔内容积 V_3 和有杆腔最大容积 V_{20} 之和。折算成自由空气体积为

$$V_0=\frac{p_s}{p_a}V_p=\frac{p_s}{p_a}(V_3+V_{20}) \qquad (23.4\text{-}32)$$

式中　p_s——气源压力(绝对压力)(Pa)；

p_a——大气压力(绝对压力)(Pa)。

冲击气缸的工作频率是 f(1/s)，则冲击气缸每秒钟所消耗的气体量

$$q_{V_0}=fV_0 \qquad (23.4\text{-}33)$$

④ 最大工作频率 f_m(1/s)。最大工作频率是指锤头单位时间内进行正常冲击工作的最多次数。各种作业冲击工作的频率不得超过最大工作频率。

⑤ 冲击效率 η。冲击效率是指冲击气缸的冲击能 E 与每次冲击所输入的压缩空气所消耗的能量 E_p 之比。输入压缩空气的能量可按绝热过程计算

$$E_p=\frac{p_sV_p}{k-1}\left[1-\left(\frac{p_a}{p_s}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right] \qquad (23.4\text{-}34)$$

$$\eta=\frac{E}{E_p}=\frac{(k-1)E}{p_sV_p\left[1-\left(\frac{p_a}{p_s}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \qquad (23.4\text{-}35)$$

当冲击能达最大值时，冲击效率最高，称为最大冲击效率。记作 η_{max}

$$\eta_{max}=\frac{(k-1)E_{max}}{p_sV_p\left[1-\left(\frac{p_a}{p_s}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \qquad (23.4\text{-}36)$$

2) 普通型冲击气缸设计计算。一般认为有杆腔排气通道面积$\leqslant 0.04\times\frac{\pi}{4}(D^2-d_1^2)$的冲击气缸按普通型冲击气缸计算。

① 中盖及喷气口密封处的形状和尺寸。中盖的作用有三个。第一个作用是在活塞启动之前，使蓄气缸腔内与有杆腔之间能形成很大的压力差。从这点出发，希望喷口通径越小越好。第二个作用是在冲击段的第Ⅰ区段使蓄气缸腔内的压缩空气迅速向无杆腔充气。充气过程中，希望气流经喷气口处流动的压力损失尽量小。这里要求喷气口通径不应过小。因为在冲击段的第Ⅰ区段流动的最小截面不是喷气口，而是喷气口密封处与活门间的环形面(圆柱侧面积 πds)，喷气口处的流速较小，喷气口形状是流线形还是直线形孔引起的压力损失都不大。进入冲击段的第Ⅱ区段后，只要喷气口直径不致过小，喷气口处的流速仍很小，不致再引起大的压力损失。因此，喷气口形状采用直孔、圆弧孔(流线形孔)均可。一般情况下，喷气口的流通面积设计为活塞面积的 1/10，即喷气口直径

$$d=\frac{D}{\sqrt{10}}\approx\frac{D}{3.16}\approx 0.3D \qquad (23.4\text{-}37)$$

式中　D——活塞直径(mm)。

中盖的第三个作用是当活塞复位时，起定位密封作用。其基本要求是既要保证活塞复位时，密封胶垫的挤压强度足够，又要保证活塞未启动时，喷气口处

具有足够的密封接触力，以防泄漏。根据这两个原则，胶垫尺寸应按如下公式选取

密封胶垫直径　$d_j = d + 2(c + i)$　　(23.4-38)

密封胶垫厚度　$\delta_j = c + i_1$　　(23.4-39)

式中密封面宽度即喷气口小端面宽度 $c = 0.04D$；密封胶垫受压环外缘余量 $i = 2 \sim 5\text{mm}$；i_1 为外加余量，可在0~2mm内选取，c 选大值时，i_1 取小值。

② 运动部件重力。运动部件重力 G(N)以下列经验式确定(式中 D 以mm计)

当 $D = 25 \sim 50\text{mm}$ 时，取 $G = 0.4D$　　(23.4-40)

当 $D = 63 \sim 125\text{mm}$ 时，取 $G = 0.7D$　　(23.4-41)

③ 活塞杆与活塞直径比。为便于确定活塞杆直径，常取活塞杆与活塞的直径比

$$\frac{d_1}{D} = 0.4 \qquad (23.4\text{-}42)$$

④ 活塞最大行程和蓄气缸长度之比 s_{max}。若希望冲击频率高，则当蓄气缸腔内由大气压力开始充气，直到刚刚达到气源压力时，有杆腔内的气体应由气源压力正好降到活塞即将启动时压力的 p_{20}。根据这一要求，经分析和实验可确定，活塞最大行程 s_{max}(即有杆腔最大容积高度)与蓄气缸长度 l(即蓄气缸腔容积的高度)之比

$$\frac{s_{max}}{l} = 1.0 \qquad (23.4\text{-}43)$$

若冲击频率要求不高，而冲击效率要求高时，应取

$$\frac{s_{max}}{l} = 1.3 \qquad (23.4\text{-}44)$$

⑤ 活塞直径(缸径)D 和蓄气缸容积 V_3 的确定经计算并经实验修正，当要求冲击频率最大 f_{max} 时，冲击能 E 和最大冲击能的冲程(行程)位置 s_E 按下式计算

$$E = (0.42 - 0.36D^{-0.2})(10^{-5}p_s - 2.15)V_3 \times 10^{-1} \qquad (23.4\text{-}45)$$

$$s_E = (0.01D + 35 \times 10^{-8}p_s + 0.15)s_{max} \qquad (23.4\text{-}46)$$

$$f_{max} = \frac{200}{\dfrac{1 - 0.13V_3}{d_0^2}} \qquad (23.4\text{-}47)$$

当要求冲击效率最大 η_{max} 时

$$E = (0.48 - 0.41D^{-0.2})(10^{-5}p_s - 2.15) \times V_3 \times 10^{-1} \qquad (23.4\text{-}48)$$

$$s_E = (0.01D + 35 \times 10^{-8}p_s + 0.15)s_{max}$$

式(23.4-45~23.4-48)中活塞直径 D，活塞最大行程 s_{max} 均以cm数值代入；蓄气缸容积 V_3 以 cm^3 计；气源压力 p_s 以 p_a 数值代入；有杆腔进气口最小通径 d_0 以mm数值代入，E 的单位为J，f_{max} 为1/min。

具体设计时，已知条件是所需冲击气缸的冲击功 W 及工作频率 f。如果工作频率 f 要求较高，可根据式(23.4-45、23.4-46)确定缸径 D 及蓄气缸容积 V_3。式中气源压力 p_s 可根据使用场所条件选定，或暂时选设 $p_s = 0.6\text{MPa}$；这里应令 $E = W$。

如果工作频率 f 要求不高，则可令 $s_{max} = (1 \sim 2)D$，然后再由式(23.4-46、23.4-47)确定缸径 D 及蓄气缸容积 V_3。

⑥ 密封及排气孔等结构设计。冲击气缸的密封、排气孔等处结构在设计过程中应予以适当注意。

a. 对密封而言，普通冲击气缸冲击效率低的主要原因之一就是部分能量消耗于密封摩擦。这就要求在保证密封、不发生泄漏的前提下，尽量减小密封摩擦力。因此对密封圈的形状、材质要合理选择，压缩量宜在5%~8%之间，缸体内表面粗糙度、圆度、同轴度等技术要求可参考普通气缸的要求。工作中应进行油雾润滑，环境温度不可过低。

b. 排气孔的作用是当活塞复位时，将无杆腔中的气体排空，以保证活塞压紧在喷气口的密封垫上。当活塞开始启动时，蓄气腔和无杆腔的压缩空气会通过排气孔向大气泄漏，使冲击能量减小，同时也会带走部分润滑油。因此，排气小孔通径应很小。但排气孔过小，会影响活塞复位时迅速压紧在喷气口密封垫上，使冲击气缸的工作频率降低。一般活塞未启动之前无杆腔的容积(即环形容积)V_{10} 大约为蓄气缸腔内容积 V_3 的1/50，即 $V_{10} = 0.02V_3$；取排气孔通径为0.5~1.2mm。

为了保证活塞复位时，无杆腔的气体迅速排空，同时又保证冲击动作时排气口不泄漏，可采用低压时可排气，高压时又不泄漏的低压排气阀，装设于排气孔处。

⑦ 普通型冲击气缸的基本结构参见图23.4-10。其结构尺寸与性能参数见表23.4-8。表中数据基本按以上设计计算得出。蓄气缸长度 l 是按最大工作频率 f_{max} 确定的，若工作频率低，可增大蓄气缸长度来提高冲击能。表中冲击能、冲击效率及最大冲击能冲程均为在 $p_s = 0.6\text{MPa}$ 状态下得出。

3）快排型冲击气缸设计计算。通常认为有杆腔排气通道面积大于等于 $0.1\frac{\pi}{4}(D^2 - d_1^2)$ 的冲击气缸为快排型冲击气缸。

① 活塞直径 D 和蓄气缸容积 V_3 的确定。直径 D 很小的快排冲击气缸应用较少，一般直径 D 均大于100mm，常用的快排型冲击气缸直径 D 在100~250mm左右。其冲击能(冲击功)$E(W)$、冲击效率

表 23.4-8 普通型冲击气缸结构尺寸与性能参数

缸径(活塞直径)D/mm	25	32	40	50	63	80	100	125
活塞杆直径 d_1/mm	10	12	16	20	25	32	40	50
活塞宽度 b/mm	40	40	45	50	55	55	60	65
进排气孔、管及阀通径 ϕ 或 d_0/mm	4	4	6	6	6	8	8	8
喷气口直径 d/mm	8	10	12	16	20	25	32	40
蓄气缸长度 l/mm	50	63	80	100	125	160	200	250
最大行程 s_{max}/mm	50	63	80	100	125	160	200	250
中盖喷气口下端外径 d'/mm	10	12.4	15	19	24	31	40	50
最大冲击频率 f_{max}/min^{-1}	120	100	80	70	60	50	40	30
运动部件质量/kg	1.0	1.5	2.0	2.5	4.5	6.0	7.0	9.0
最大冲击能(或功)E_{max} 或 W_{max}/J	1.3	3.3	6.9	14.7	31.6	69.0	143	294
最大冲击能冲程位置 s_E/s_{max}	0.52	0.48	0.45	0.47	0.48	0.49	0.51	0.53
最大冲击效率 η_{max}(%)	5.2	6.3	6.8	7.4	8.0	8.5	9.0	9.5
应用举例	冲小孔	下小料	打印	打印	折边	冲孔	冲孔	轻锻

注：表中 d' 为中盖喷口下端外径，$d'=d+2c$，c 为喷口下端宽度。

η、最大冲击频率 f_{max} 按下列公式计算

$$E=\left[92p_s\times10^{-5}\left(1-\frac{1}{D}\right)-\left(1.24+\frac{7.1}{D}\right)\right]V_3\times10^{-1} \tag{23.4-49}$$

$$\eta=\frac{13p_s\times10^{-7}\left(1-\frac{1}{D}\right)-\left(0.175+\frac{1}{D}\right)}{p_s\left[1-\left(\frac{1}{10^{-5}p_s}\right)^{\frac{1}{4}}\right]\times10^{-5}} \tag{23.4-50}$$

$$f_{max}=\frac{100}{1+0.065\dfrac{V_3}{d_0^2}} \tag{23.4-51}$$

上述三式中 D 以 cm 数值代入；V_3 以 cm^3 数值代入；p_s 以 p_a 数值代入；有杆腔进气口最小通径 d_0 以 mm 数值代入，E 的单位为 J，f_{max} 的单位为 1/min。

设计已知条件是冲击功(能)和工作频率时，由式(23.4-49)和式(23.4-51)确定活塞直径 D 和蓄气缸容积 V_3。设计已知条件对频率要求不高时，则可根据式(23.4-49)和式(23.4-50)确定 D 和 V_3。

② 活塞杆与活塞直径比 d_1/D。为了确定活塞杆直径 d_1，为使快排型冲击气缸有较高的冲击能，又有较高的冲击效率，d_1/D 不应过小；为保证活塞未启动前具有足够的密封接触力，d_1/D 又不宜过大。一般取

$$\frac{d_1}{D}=0.5\sim0.6 \tag{23.4-52}$$

③ 运动部件的重力 G 和喷口密封面宽度 c。从理论上讲，快排型冲击气缸运动部件重力 G 越大，冲击能 E 也越大。但 G 过大，活塞复位动作迟缓，冲击频率较低。故 G(N)的选用应适当

$$G=0.035D^2-2.5D \tag{23.4-53}$$

喷口密封面承受活塞复位时的挤压应力，应有一定宽度

$$c=0.2D\left(\sqrt{1+\frac{8.2}{D}}-0.76\right) \tag{23.4-54}$$

以上两式中 D 以 mm 数值代入。

④ 有效行程 s_1。快排型冲击气缸最大冲击能的行程(冲程)位置与最大冲击效率的行程位置相差甚远，故选取有杆腔有效容积高度即有效行程 s_1 时，应保证冲击能和冲击效率均达到各自最大值的 90% 以上，可称为最佳行程。计算结果表明，按以上要求，有杆腔有效容积高度即有效行程 s_1 与蓄气缸长度 l 之比应为

$$\frac{s_1}{l}=2.1 \tag{23.4-55}$$

有效行程 s_1 应等于最大行程 s_{max} 减去必要的安全间隙 δ'，δ' 取 10mm 以上，即：

$$s_1=s_{max}-\delta' \tag{23.4-56}$$

式中 $\delta'\geqslant$10mm。

⑤ 快排型冲击气缸的结构尺寸与性能。快排型冲击气缸的结构见图 23.4-13a。其结构尺寸与性能见表 23.4-9。表中数据基本按以上设计计算得出，蓄气缸长度 l 按最大工作频率 f_{max} 确定，若工作频率

表23.4-9　快排型冲击气缸的结构尺寸与性能

缸径(活塞直径)D/mm	100	125	160	200	250
活塞杆直径 d_1/mm	60	75	100	120	150
活塞宽度 b/mm	60	65	65	70	75
进排气孔管及阀通径 ϕ 或 d_0/mm	10	10	15	15	20
喷口直径 d/mm	30	40	50	60	75
中盖喷口下端外径 d'/mm	38	52	65	78	98
蓄气缸长度 l/mm	150	160	200	220	250
有效行程 s_1/mm	315	335	420	460	525
快排缸长度 l_2/mm	65	70	75	90	110
快排活塞直径 d_2/mm	60	75	90	110	160
快排缸密封胶垫外径 d_3/mm	80	100	120	160	210
最大冲击频率 f_{max}/min^{-1}	45	40	35	30	25
运动部件质量/kg	10	25	50	90	150
冲击能(或功)E 或 W/J	360	640	1400	2500	4650
冲击效率 η(%)	20.0	21.5	23.0	24.0	24.5
应用举例	下料	调直	铆接	锻造	破碎

注：中盖喷口下端外径 $d'=d+2c$。

低，可增大蓄气缸长度来提高冲击能。表内冲击能、冲击效率及有效行程均为在 $p_s=0.6$MPa 的状态下得出的。

1.3　气缸主要零部件的结构、材料及技术要求

1.3.1　气缸筒

（1）结构(见图23.4-24)

（2）材料

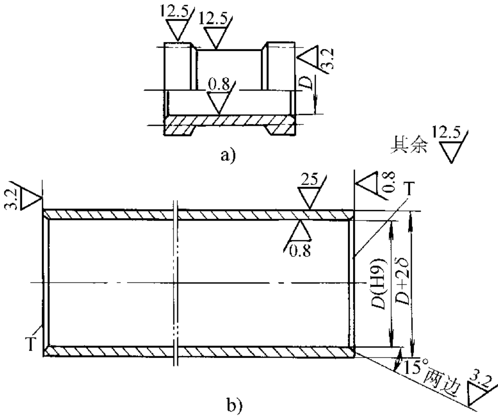


图23.4-24　气缸筒
a）凸缘型缸筒　b）普通型缸筒

气缸筒常使用的材料有20号无缝钢管和ZL104、ZL106铝合金管。

（3）技术要求(见图23.4-24)

1）内径 D 的精度及表面粗糙度根据活塞使用的密封圈型式而异，用O形橡胶密封圈时为3级精度；表面粗糙度 R_a 为0.4μm；用Y形橡胶密封圈时为4~5级精度，表面粗糙度 R_a 为0.4μm；用 Y_x 形聚氨酯密封圈时应采用4级精度，表面粗糙度 R_a 为0.8μm。

2）内径 D 的圆柱度、圆度不能超过尺寸公差的一半。

3）端面 T 对内径 D 的垂直度不大于尺寸公差的2/3(≤0.1mm)。

4）缸筒两端须倒角15°，以利缸盖装配。

5）为防腐和提高寿命，缸内表面可镀铬，再抛光或研磨，铬层厚度0.01~0.03mm。

6）焊接结构的缸筒，焊接后需经退火处理。

7）装配后，应在1.5倍工作压力下进行试验，不能有漏气现象。非加工表面应涂漆防锈。

1.3.2　气缸盖

气缸盖多为铸件，也有焊接件。

（1）结构

图23.4-25所示为气缸盖的结构。图23.4-25a所示为无缓冲气缸的前盖，为避免活塞与气缸盖端面接

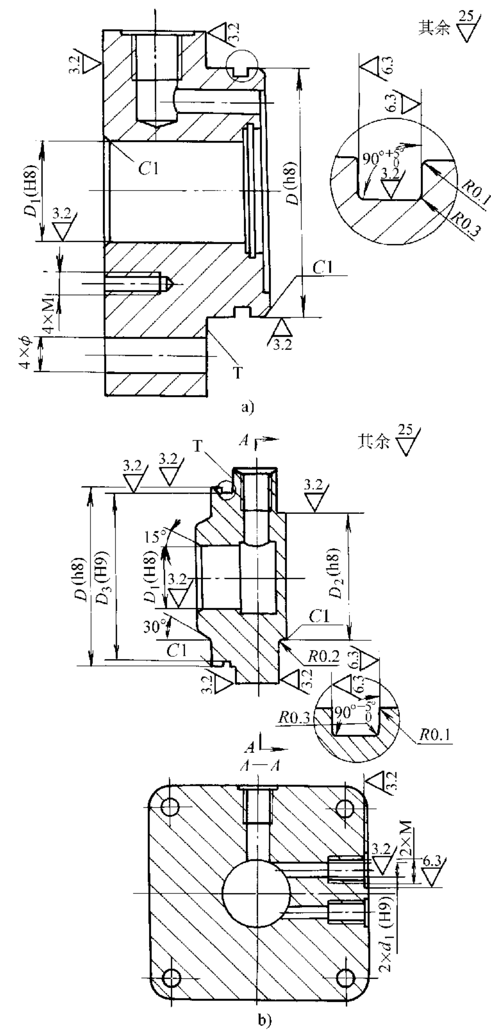


图 23.4-25　气缸盖

a）无缓冲气缸前盖　b）缓冲气缸后盖

触时，承受压缩空气的面积太小。通常在缸盖上做出深度不小于 1mm 的沉孔，此孔必须与进气孔相通。图 23.4-25b 所示是缓冲气缸后盖，缓冲气缸的缸盖上除进排气孔外，还应有装设缓冲装置(如单向阀、节流阀等)的孔道。缸盖的厚度主要考虑安装进排气管及密封衬和导向装置、缓冲装置等所占空间。

（2）材料

常用铸铁及铝合金。

（3）技术要求(见图 23.4-25)

1）与缸内径配合之 D(h8)对 D_1(H8)的同轴度不大于 0.02mm。

2）D_3(H9)对 D_1(H8)同轴度不大于 0.07mm。

3）D_2(h8)对 D_1(H8)同轴度不大于 0.08mm。

4）螺纹孔 M 对 d_1(H9)的同轴度不大于 0.02mm。

5）T 对 D_1 轴线的垂直度不大于 0.1mm。

6）铸件处理、热处理、漏气试验、防锈涂漆等与缸筒相同。

1.3.3　缸筒与缸盖的连接

1）缸筒与缸盖的连接形式见表 23.4-10。

2）卡环连接尺寸见图 23.4-26。一般取 $h=l=t=t'$。

3）螺栓连接时许用轴向静载荷。缸盖与缸筒螺栓连接时的许用轴向静载荷见表 23.4-11。

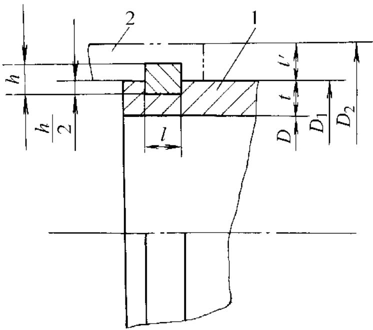


图 23.4-26　卡环连接尺寸

1—缸筒　2—缸盖

表 23.4-10　缸筒与缸盖的连接型式

连接型式	简　　图	说　　明
双头螺柱		用螺栓连接的结构应用很广，结构简单，易于加工，易于装卸
		法兰尺寸比起螺纹和卡环连接的大，重量较重；缸盖与缸筒的密封可用橡胶石棉板或 O 形密封圈

（续）

连接型式	简　　图	说　　明
螺栓		同上。缸筒为铸件或焊接件。焊后需进行退火处理
缸筒螺纹		气缸外径较小，重量较轻，螺纹中径与气缸内径要同心，拧动端盖时，有可能把 O 形圈拧扭
卡环		重量比用螺栓连接的轻，零件较多，加工较复杂，卡环槽削弱了缸筒，相应地要把壁厚加大
		结构紧凑，重量轻，零件较多，加工较复杂；缸筒壁厚要加大；装配时 O 形圈有可能被进气孔边缘擦伤

表 23.4-11　缸盖与缸筒螺栓连接时的许用轴向静载荷　　（kN）

材　　料	螺栓直径											
	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
Q235A	0.92	1.75	3.0	4.55	6.60	9.65	12.65	17.4	23.3	29.6	40	51.5
35	1.20	2.35	3.95	6.10	8.85	12.9	16.9	23.2	31	39.5	53.5	69
45	1.35	2.65	4.45	6.85	9.95	14.5	19	26	35	44.5	60.5	78
40Cr	2.45	4.70	7.75	11.80	16.8	24	32	43	58	72.5	101	138

注：表中数值系指不控制预紧力的紧连接状态。

1.3.4　活塞

（1）结构

活塞的结构如图 23.4-27 所示。活塞是把压缩空气的能量通过活塞杆传递出去的重要受力零件。活塞结构与其密封形式分不开，活塞的宽度也取决于所采用的密封圈的种类。

（2）材料

铸铁 HT150、碳钢 35、铝合金 ZL106。

（3）技术要求（见图 23.4-27）

1）活塞外径（即缸筒内径）其公差配合取决于所选密封圈。当用 O 形密封圈时为 f8；用其他橡胶密封时为用 f9；间隙密封（研配）时为 g5；用 Y_x 密封圈（见图 23.4-27）时为 d9。

2）外径 D 对活塞杆连接孔 d_1 的同轴度误差不大于 0.02mm。

3）两端面 T 对 d_1 的垂直度误差不大于 0.04mm。

4）铸件不允许有砂眼、气孔、疏松等缺陷。

5）热处理硬度应比缸筒低。

6）外径 D 的圆柱度、圆度不超过直径公差的一半。

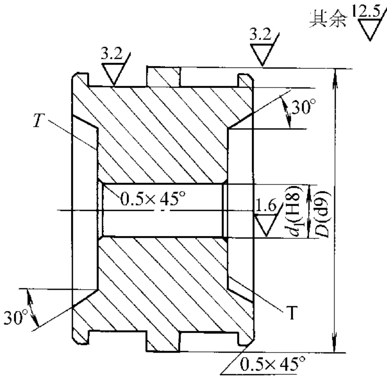


图 23.4-27　活塞

1.3.5　活塞杆

活塞杆与活塞同是最重要的受力零件之一，其主

要形式有实心和空心两种。

（1）结构(见图23.4-28)

活塞杆是一种实心活塞杆。空心活塞杆用于活塞杆固定，缸体往复运动，杆内中孔用于导气；或为了增大活塞杆的刚度并减轻质量；或用空心杆中心装夹棒料等。活塞杆头部结构型式很多，可根据需要设计。

（2）材料

45钢、40Cr。

（3）技术要求(见图23.4-28)

1）直径d与气缸导向套配合，其公差一般取f8、f9或d9，表面粗糙度R_a为0.8μm。

2）d对d_1同轴度误差不大于0.02mm。

3）端面K对d_1垂直度误差不大于0.02mm。

4）d表面镀铬、抛光，铬层厚度0.01~0.02mm。

5）热处理：调质30~35HRC。

6）两头端面允许钻中心孔。

（4）活塞杆与活塞的连接

用螺纹连接应用最广，除小直径气缸把活塞与活塞杆做成整体外，多数在活塞杆上加工螺纹，以螺母将活塞固定在活塞杆上，为防止振动松脱，一般均加保险垫圈、开口销等防松零件。

1.3.6 气缸的密封

（1）活塞杆的密封

气缸活塞杆的密封主要指活塞杆伸出端与缸盖、导向套间的密封，以Y_x形密封圈加防尘圈应用较广。活塞杆的密封见表23.4-12。

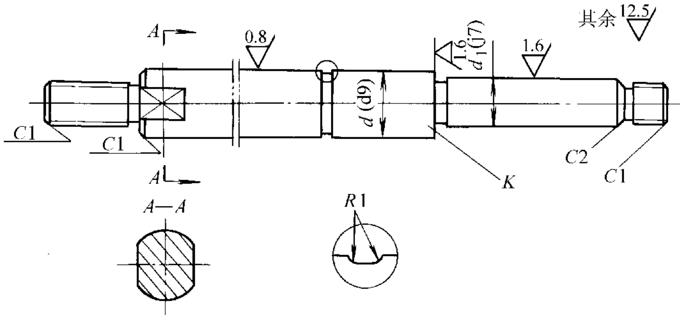


图23.4-28 活塞杆

表23.4-12 活塞杆的密封

密封形式	简图	说明
O形密封圈		密封可靠，结构简单，摩擦阻力小。装配后O形圈内径应比活塞杆直径小0.1~0.35mm
J形密封圈	a_{min} a_{min}	密封可靠，使用寿命长，摩擦阻力较O形圈大；压环不可压得太紧
Y形密封圈	1.5_{min} 1 1.5_{min}	密封可靠，寿命长，摩擦阻力较O形圈大。右图用带凸台的压环，可防止Y形圈翻转
V形密封圈		使用压力高，可达10MPa，可用于增压缸

（续）

密封形式	简　　图	说　　明
Y_x 密封圈（轴用）	A　A	Y_x 形圈（聚氨酯）耐磨、耐油、强度高，弹性好，寿命长，结构简单。A 为组合防尘圈，一般气缸均应有防尘圈

（2）活塞的密封

活塞的密封指活塞与缸筒内表面之间的密封及活塞与活塞杆之间的密封。活塞的密封与其结构有着密切关系。活塞的结构与密封见表 23.4-13。

表 23.4-13　活塞的结构与密封

密封型式	简　　图	说　　明
O 形密封圈	d_1　D	密封可靠，结构简单，摩擦阻力小。一般要求 O 形圈比被密封表面的内、外径分别大于或小于 0.15～0.6mm
L 形密封圈	$D_1(\frac{H9}{h8})$　1.5~2.5　1.5~2　$R1\sim R2$	密封可靠，寿命长，多用于直径大于 100mm 的气缸；摩擦阻力比 O 形圈大；结构稍复杂
Y 形密封圈	$D(\frac{H9}{f9})$	同 L 形密封；注意密封圈沟槽尺寸，防止 Y 形圈翻转
间隙密封	0.8　0.3　D　0.4　D　0.50　1.5~2.5	用于直径 40mm 以下气缸，阻力小，必须开均压环槽；配合用 $\frac{H6}{g5}$，表面粗糙度 R_a 为 0.2μm；配合间隙不大于 0.01mm；45 钢淬火硬度 40HRC 以上；镀铬 0.01～0.03mm
Y_x 形密封圈	H　B	孔用 Y_x 形圈（聚氨酯）耐磨、耐油、强度高；寿命很高；结构简单自封性好；不会翻滚；低、中、高压均适用，推荐采用

1.4　气缸的选择

1.4.1　气缸的选择要点

气缸可根据主机需要进行设计，但尽量直接选用标准气缸。

（1）安装型式的选择

安装形式由安装位置、使用目的等因素决定。在一般场合下，多用固定式安装方式：轴向支座（MS_1式）前法兰（MF_1 式）、后法兰（MF_2 式）等；在要求活塞直线往复运动的同时又要缸体作较大圆弧摆动时，可选用尾部耳轴（MP_4 或 MP_2 式）和中间轴销（MT_4 式）等安装方式；如需要在回转中输出直线往复运动，可采用回转气缸，有特殊要求时，可选用特殊气缸。

（2）输出力的大小

根据工作机构所需力的大小，考虑气缸载荷率确定活塞杆上的推力和拉力，从而确定气缸内径。

气缸由于其工作压力较小（0.4～0.6MPa），其输出力不会很大，一般在 10000N（不超过 20000N）左右，输出力过大其体积（直径）会太大，因此在气动设备上应尽量采用扩力机构，以减小气缸的尺寸。

（3）气缸行程

气缸（活塞）行程与其使用场合及工作机构的行程比有关。多数情况下不应使用满行程，以免活塞与缸盖相碰撞，尤其用于夹紧等机构，为保证夹紧效果，必须按计算行程多加 10～20mm 的行程余量。

（4）气缸的运动速度

气缸的运动速度主要由所驱动的工作机构的需要来决定。

要求速度缓慢、平稳时，宜采用气液阻尼缸或采用节流调速。节流调速的方式有：水平安装推力载荷推荐用排气节流；垂直安装升举载荷推荐用进气节流；具体回路见基本回路一节。用缓冲气缸可使缸在行程终点不发生冲击现象，通常缓冲气缸在阻力载荷且速度不高时，缓冲效果才明显，如果速度高，行程终端往往会产生冲击。

1.4.2　气缸使用注意事项

1）一般气缸的正常工作条件：环境温度为 -35～80℃，工作压力为 0.4～0.6MPa。

2）安装前，应在 1.5 倍工作压力条件下进行试验，不应漏气。

3）装配时，所有密封元件的相对运动工作表面应涂以润滑脂。

4）安装的气源进口处必须设置气源调节装置：过滤器-减压阀-油雾器。

5）安装时注意活塞杆应尽量承受拉力载荷，承受推力载荷应尽可能使载荷作用在活塞杆轴线上，活塞杆不允许承受偏心或横向载荷。

6）载荷在行程中有变化时，应使用输出力足够的气缸，并附设缓冲装置。

7）如前所述，尽量不使用满行程。

1.5　气缸的性能和试验

1.5.1　空载性能和试验

气缸的空载性能指气缸处于空载状态下，水平放置，在气缸的有杆腔和无杆腔，交替加入规定压力的压缩空气时，气缸动作的平稳性。

气缸的空载性能试验原理图见图 23.4-29。

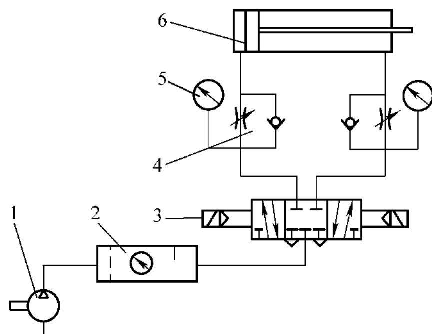


图 23.4-29　气缸的空载性能试验原理图

1—气源　2—气源调节装置　3—三位五通换向阀
4—单向节流阀　5—压力表　6—被试缸

有关标准规定：气缸要水平放置；用单向节流阀调速；气源接入压缩空气压力与气缸直径有关，缸径在 32～100mm 时，输入气压为 0.15MPa，缸径在 125～320mm 时，输入气压为 0.1MPa。在试验测试前应使缸往复运动多次；带缓冲装置的气缸应将缓冲阀全部打开进行测试。

标准规定气缸运动时全行程应运行平稳，无爬行，运行最低速度（无爬行平稳速度）达 50mm/s 为一等品，达 100mm/s 为合格品。

气缸的空载性能与气缸活塞、缸体、活塞杆等制造精度有关，与密封形式、密封件压紧力、装配水平及密封件的种类、结构、材质、尺寸有关。

1.5.2　载荷性能和试验

气缸载荷性能指气缸带有规定的载荷，在规定的压力和活塞运动速度下进行试验时，保证正常动作，且保证气缸各部件无损坏的性能。

有关标准规定：在活塞杆的轴向加上相当气缸最大理论输出力的 80% 阻力载荷；用气缸工作压力的

压缩空气交替使气缸往复运动；活塞运动应平稳，无爬行现象；活塞平均速度应不小于150mm/s，各部件无异常现象。

气缸工作压力一般用0.63MPa(合格)，要求较高的气缸用1.0MPa试验。这里使用的试验原理见图23.4-30，图中以液压缸5加载。在加载缸和被试气缸之间装设载荷测量装置(传感器)，以检测载荷的大小。

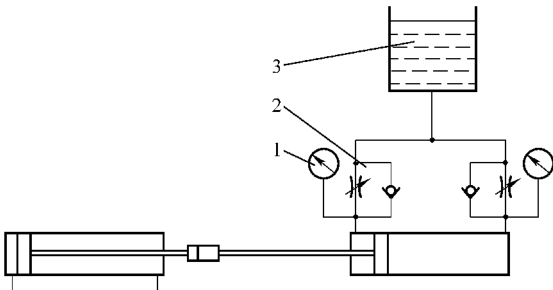


图23.4-30　气缸载荷性能试验原理图

1—辅助油箱　2—单向节流阀　3—压力表

试验中理论最大输出力即在理论计算中不计载荷率η所计算出的输出力：有杆腔工作为拉力$F_2=\frac{\pi}{4}\times(D^2-d^2)p$；无杆腔工作为推力$F_1=\frac{\pi}{4}D^2p$。试验时可用单向节流阀调速；有缓冲装置的气缸应将缓冲阀全部打开。

1.5.3　耐压性及试验

气缸的耐压性指确保工作安全、承受安全压力而不损坏的性能。

标准规定，气缸在空载条件下，以标称压力1.5倍的压力在气缸的无杆腔和有杆腔交替加压，并分别保压1min，气缸所有部件应无异常现象。

1.5.4　泄漏及试验

气缸主要可能泄漏处是活塞与缸筒间和活塞杆与导向套间，一般称为活塞的泄漏和活塞杆的泄漏。理想状态应在各处均无泄漏，实际状态不可能完全避免，一般要求活塞的泄漏(内泄漏)应为0，活塞杆的泄漏(外泄漏)应尽量少。

标准规定测试原理图见图23.4-29。空载状态，节流阀全开，将气缸静止放于水槽中，从无杆腔和有杆腔交替输入公称压力的压缩空气，检查并用量杯收集各部分的泄漏量。然后在同样试验条件下，交替输入最低工作压力(普通气缸为0.1MPa)，检查并用量杯收集各部分的泄漏量。

标准规定，活塞的泄漏量不得超过$(3+0.15D)\mathrm{cm^3/min}$；活塞杆的泄漏量不得超过$(3+0.15d)\mathrm{cm^3/min}$。这里$D$和$d$分别是活塞和活塞杆直径(以cm为单位)。其他部位不得有泄漏。这里所列标准规定的活塞泄漏(内泄漏)有些偏高，实际使用应使其接近于0。

1.5.5　缓冲性能及试验

气缸所设缓冲装置结构各异，有缓冲装置的气缸应检验其缓冲性能。但气缸的缓冲性能随着使用条件的不同有很大差异，如气缸的载荷、活塞速度、配管及阀类通径的大小等条件均对缓冲性能有影响。

一般情况下只作调整试验，以公称压力0.63MPa的压缩空气输入，使缸平均速度达500mm/s左右，调节缓冲装置的节流阀，观察缸在行程末端缓冲装置是否起到了作用。也可在载荷性能及试验中，将回路中单向节流阀全部打开，而调节缓冲节流阀，测得其缓冲特性曲线(见图23.4-30)。

1.5.6　耐久性及试验

气缸的耐久性即指气缸寿命。

试验原理参见图23.4-30。标准规定，在活塞杆轴向加相当于气缸最大理论输出力50%左右的阻力载荷，从气缸的无杆腔及有杆腔交替加入最高工作压力，用单向节流阀调节排气口的流量，使活塞的平均速度达到约200mm/s，活塞沿全行程作往复运动，累计其运行长度不小于300km为合格品，不小于600km为一等品。

试验中带缓冲机构的气缸，应调节缓冲节流阀，在行程两端不能产生碰撞缸盖现象。

1.6　国产气缸产品

1.6.1　国产气缸产品概览(见表23.4-14)

表23.4-14　国产气缸产品概览

系列型号	气缸内径/mm	行程/mm	输出力(压力为0.4MPa时)/N	特　点
QCJ2	$\phi6\sim\phi16$	≤250		不锈钢材质
QGX	$\phi8\sim\phi32$	≤250		缓冲垫
10Y-1	$\phi8\sim\phi50$	≤800		缓冲垫
QGCX	$\phi12\sim\phi40$	≤400		不可调缓冲
10Y-2	$\phi20\sim\phi40$	≤600		缓冲垫
QM	$\phi20\sim\phi40$	≤500		无缓冲

（续）

系列型号	气缸内径/mm	行程/mm	输出力(压力为0.4MPa时)/N	特　　点
10A-5	φ32～φ160	≤1000		可调缓冲
LG	φ32～φ125	≤1000		可调缓冲
QGAⅡ、QGBⅡ	φ32～φ320	≤3000	≤32760	无缓冲、可调缓冲
QGBQ	φ32～φ100	≤1000		可调缓冲
QGBM	φ32～φ100	≤2000	≤3100	可调缓冲
LCZ(LCZM)	φ25～φ200	≤3000	≤12560	可调缓冲
QGS	φ32～φ320	≤3200	≤32760	可调缓冲
QGBZ	φ50～φ250	≤2000		可调缓冲
10A-2	φ125～φ250	≤2000		可调缓冲
JB	φ80～φ400	≤1600		固定缓冲
QGEW-1	φ20～φ40	≤600		缓冲垫
QGEW-2	φ32～φ125	≤1000		可调缓冲
LGL	φ32～φ125	≤1000		可调缓冲
QGBQS	φ32～φ100	≤1000		可调缓冲
QGSG	φ32～φ320	≤3200		可调缓冲
QGEW-3	φ125～φ250	≤2000		可调缓冲
DQGI	φ12～φ100	≤120		缓冲垫
QCQ2	φ12～φ100	≤120		无
QGD	φ16～φ100	≤80		固定缓冲
QGY	φ20～φ100	≤50		无
QGCW	φ20～φ40	≤2000	≤880	磁性无活塞杆
CWC	φ20～φ50	≤3500	≤760	磁性无活塞杆
QGHJ	φ25～φ63	≤50	≤1370	旋转、夹紧
QGBH	φ40～φ63	≤150		夹紧
JQGB	φ40～φ80	≤500		夹紧
QGJ	φ40～φ63	≤150		夹紧
QGSJ	φ40～φ100	≤1000	≤3078	锁紧定位
SJB	φ63～φ100	≤600	≤3140	前(后)端锁定
AV	φ8～φ63	≤10	≤1558	短行程
QGV	φ140～φ160	≤50	≤9180	薄膜
CTA	φ80～φ125		≤2010	伸缩式
QGNZ	φ32～φ100			低速稳定
QGCH	φ50～φ100	≤200		冲击气缸
ZG	φ63～φ100			振动气缸
QGZY	φ80～φ160	≤130		气-液增压

1.6.2 普通单活塞杆气缸

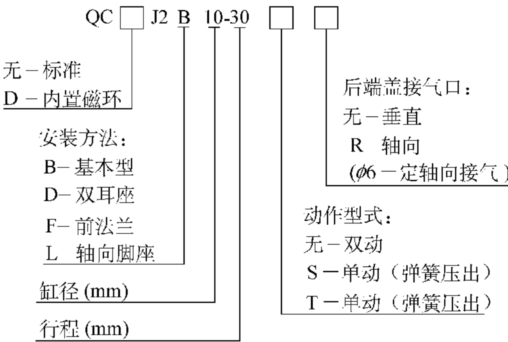
1. QCJ2系列微型气缸(φ6～φ16)

QCJ2系列微型气缸，按日本产品的性能及外形尺寸设计，采用不锈钢筒，活塞杆及密封件采用进口件，端盖和缸筒之间采用滚压连接。技术规格见表23.4-15；外形尺寸见表23.4-16及表23.4-17。

表23.4-15 QCJ2系列微型气缸技术规格

缸径/mm	6	10	16
工作介质	经过滤的压缩空气		
动作型式	单动/双动		
耐压试验压力/MPa	1		
最高使用压力/MPa	0.7		
最低工作压力/MPa	0.12	0.06	
缓冲	橡胶垫		
环境温度/℃	5～70		
使用速度/mm·s^{-1}	50～750		
行程误差/mm	0～1.0		
润滑	不需要		
接管口径	M5×0.8		

注：1. 生产厂：上海全伟自动化元件有限公司。
2. 型号意义：



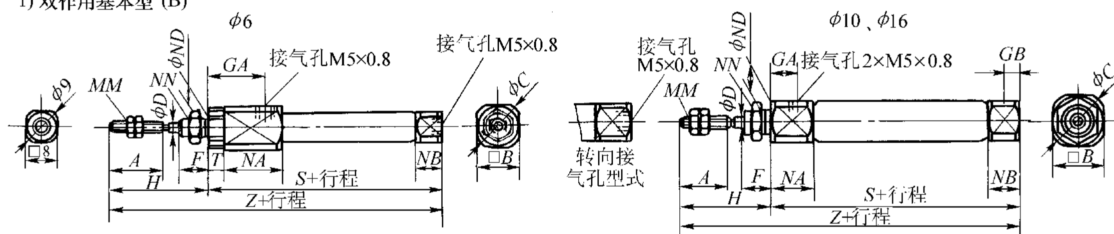
2. QGX系列小型气缸(φ8～φ32)

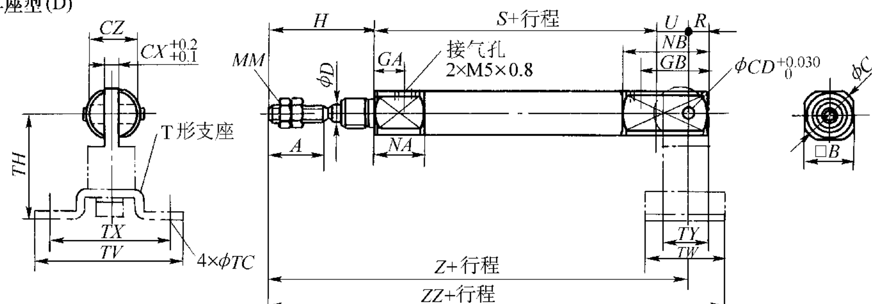
本系列气缸是中国传统产品，经多年的不断改进，性能良好，质量可靠，规格齐全，生产厂家众多，互换性能好，安装使用方便。技术规格见表23.4-18，外形尺寸见表23.4-19。

3. 10Y-1系列小型气缸(φ8～φ50)

10Y-1系列小型气缸按ISO国际标准安装尺寸设计，采用不锈钢筒，端盖与缸筒之间铆接紧固，轴向尺寸小，外形美观。分标准型、带开关、带阀、带阀及开关四种形式。无给油润滑，用途广泛，使用寿命长。技术规格见表23.4-20。

表 23. 4-16　QCJ2 系列双作用微型气缸外形尺寸　　（mm）



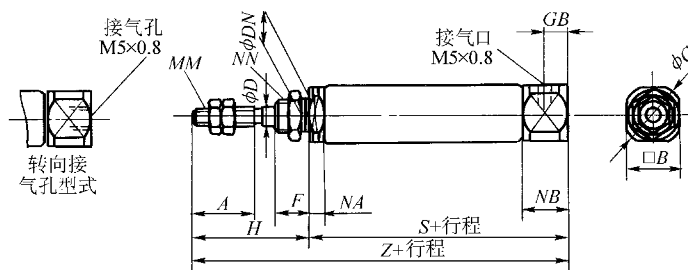


	缸径	A	B	C	D	F	GA	GB	H	MM	NA	NB	ND(h8)	NN	S	T	Z
1)	6	15	12	14	3	8	14. 5	—	28	M3 ×0. 5	16	7	6	M6 ×1. 0	49	3	77
	10	15	12	14	4	8	8	5	28	M4 ×0. 7	12. 5	9. 5	8	M8 ×1. 0	46	—	74
	16	15	18	20	5	8	8	5	28	M5 ×0. 8	12. 5	9. 5	10	M10 ×1. 0	47	—	75

	缸径	A	B	C	CD(H9)	CX	CZ	D	GA	GB	H	MM	NA	NB	R	S	U	Z	ZZ
2)	10	15	12	14	3. 3	3. 2	12	4	8	18	28	M4 ×0. 7	12. 5	22. 5	5	46	8	82	93
	16	15	18	20	5	6. 5	18	5	8	23	28	M5 ×0. 8	12. 5	27. 5	8	47	10	85	99

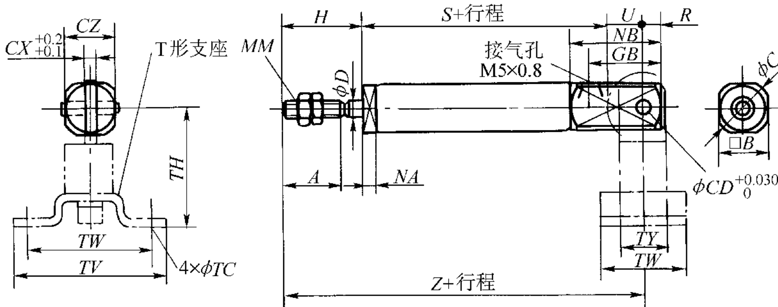
注：图中未给出与 T 形支座相关的尺寸。

表 23. 4-17　QCJ2 系列单作用微型气缸外形尺寸　　（mm）

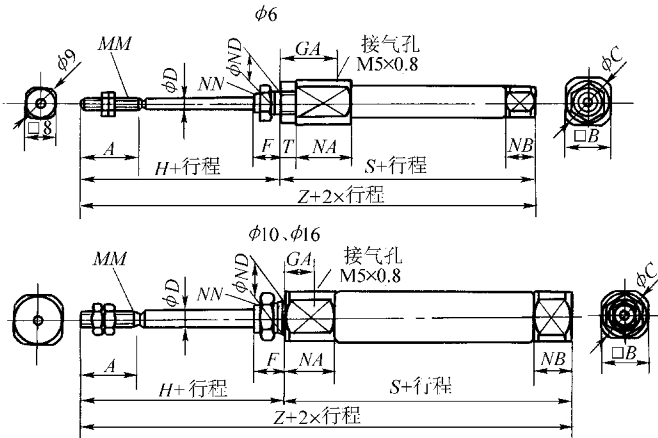


（续）

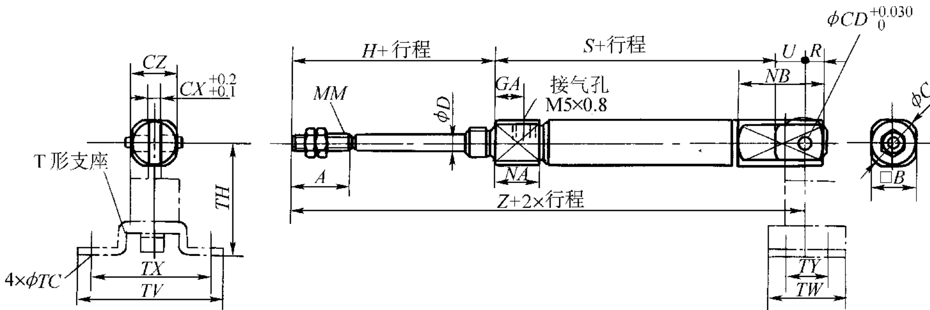
2) 单作用弹簧压回(S) 双耳座型(D)



3) 单作用弹簧压出 (T) 基本型(B)



4) 单作用弹簧压出 (T) 双耳座型(D)



	缸径	*A*	*B*	*C*	*D*	*F*	*GB*	*H*	*MM*	*NA*	*NB*	*DN*(h8)	*NN*
1)	6	15	8	19	3	8	—	28	M3×0.5	3	7	6	M6×1
	10	15	12	14	4	8	5	28	M4×0.7	5.5	9.5	8	M8×1
	16	15	18	20	5	8	5	28	M5×0.8	5.5	9.5	10	M10×1

（续）

	缸径	S								Z							
1）	缸径	5～15	16～30	31～45	46～60	61～75	76～100	101～125	126～150	5～15	16～30	31～45	46～60	61～75	76～100	101～125	126～150
	6	34.5（39.5）	43.5（48.5）	47.5（52.5）	61.5（66.5）	—	—	—	—	62.5（67.5）	71.5（76.5）	75.5（80.5）	89.5（94.5）	—	—	—	—
	10	45.5	53	65	77	—	—	—	—	73.5	81	93	105	—	—	—	—
	16	45.5	54	66	78	84	108	126	138	73.5	82	94	106	112	136	154	166

	缸径	A	B	C	CD（H9）	CX	CZ	D	GB	H	MM	NA	NB	R	U
2）	10	15	12	14	3.3	3.2	12	4	18	20	M4×0.7	5.5	22.5	5	8
	16	15	18	20	5	6.5	18	5	23	20	M5×0.8	5.5	27.5	8	10

	缸径	S								Z							
2）	缸径	5～15	16～30	31～45	46～60	61～75	76～100	101～125	126～150	5～15	16～30	31～45	46～60	61～75	76～100	101～125	126～150
	10	45.5	53	65	77	—	—	—	—	73.5	81	93	105	—	—	—	—
	16	45.5	54	66	78	84	108	126	138	75.5	84	96	108	114	138	156	168

	缸径	A	B	C	D	F	GA	H	MM	NA	NB	ND（H8）	NN	T
3）	6	15	12	14	3	8	14.5	28	M3×0.5	16	3	6	M6×1	3
	10	15	12	14	4	8	8	28	M4×0.7	12.5	5.5	8	M8×1	—
	16	15	18	20	5	8	8	28	M5×0.8	12.5	5.5	10	M10×1	—

	缸径	S								Z							
3）	缸径	5～15	16～30	31～45	46～60	61～75	76～100	101～125	126～150	5～15	16～30	31～45	46～60	61～75	76～100	101～125	126～150
	6	46.5（51.5）	55.5（60.5）	59.5（64.5）	73.5（78.5）	—	—	—	—	74.5（79.5）	83.5（88.5）	87.5（92.5）	101.5（106.5）	—	—	—	—
	10	48.5	56	68	80	—	—	—	—	76.5	84	96	108	—	—	—	—
	16	48.5	57	69	81	87	111	129	141	76.5	85	97	109	115	139	157	169

	缸径	A	B	C	CD（H9）	CX	CZ	D	GA	H	MM	NA	NB	R	U
4）	10	15	12	14	3.3	3.2	12	4	8	28	M4×0.7	12.5	18.5	5	8
	16	15	18	20	5	6.5	18	5	8	28	M5×0.8	12.5	23.5	8	10

	缸径	S								Z							
4）	缸径	5～15	16～30	31～45	46～60	61～75	76～100	101～125	126～150	5～15	16～30	31～45	46～60	61～75	76～100	101～125	126～150
	10	48.5	56	68	80	—	—	—	—	84.5	92	104	116	—	—	—	—
	16	48.5	57	69	81	87	111	129	141	86.5	95	107	119	125	149	167	179

注：1. 图中未给出与支座相关的尺寸。

2. 括号内为内置磁环型的尺寸。

表 23.4-18　QGX 系列小型气缸技术规格

缸径/mm	ϕ8、ϕ12、ϕ16、ϕ20、ϕ25、ϕ32	ϕ10、ϕ16	ϕ20、ϕ25	ϕ12、ϕ16	ϕ20、ϕ25、ϕ32
最大行程/mm	5 倍缸径	100	160	160	250
工作压力/MPa	0.15～0.8	0.2～0.63		0.15～0.7	
使用温度/℃	−25～80（在不冻结条件下）			5～60	
生产厂	广东肇庆方大气动有限公司	烟台未来自动装备有限责任公司		无锡市华通气动制造有限公司	

表 23.4-19　QGX 系列小型气缸外形尺寸　（mm）

a)　　b)

a）QGX(D)、QGXI(DH)型气缸外形图　b）QGX 型气缸外形图

基本型气缸

	型　号	D_1	D_2	L	L_1	d	d_1	d_2	d_3	d_4	M	e	e_1	e_2	e_3	B	B_1	B_2	b
a	QGX(D)16×S	—	12	122	74	φ6	φ9	M6	M6	φ5	M20×1.5	29	12	7	7	24	27.7	—	5
	QGX(D)20×S	φ28	12	94	46	φ8	φ10	M6	M8	φ8	M20×1.5	25	15	10	8	24	27.7	25	6
	QGX(D)25×S	φ35	12	120	73	φ10	φ13	M10×1	M10	φ8	M27×2	22	15	10	8	36	41.6	31	8.5
	QGX(D)32×S	φ42	12	119	66	φ12	φ13	M10×1	M12	φ8	M27×2	28	18	10	8	36	41.6	39	10
	QGXI(DH)16×S	φ22	12	105	50	φ6	φ6.35	M5	M6	φ6	M16×1.5	22	16	9	9	22	25.4	22	5

	型　号	d	d_1	d_2	d_3	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	E	B	B_1
b	QGX8×S	M3	M5	M6	φ5	71	51	31.5	6	7	8.5	5	14	10
	QGX12×S	M4	M5	M12×1.25	φ5	81	54	35	10	8	12	8	21.9	19
	QGX16×S	M6	M6	M20×1.5	φ5	105	67	44	12	10	19	8	27.7	24
	QGX20×S	M8	M6	M22×1.5	φ8	117	72	46	12	15	25	12	31.2	27
	QGX25×S	M10	M10×1	M27×2	φ8	128	83	52.5	15	15	22	12	41.6	36
	QGX32×S	M12	M10×1	M27×2	φ8	131	83	52.5	15	18	25	12	41.6	36

注：1. 括号内尺寸为后弹簧缸尺寸。

2. 图示 QGX(D)、QGXI(DH)型气缸为前弹簧单作用式，如果是后弹簧单作用式 QGXI(DH)，则 d_1 和 d_2 在前端盖上。

表 23.4-20　10Y-1 系列小型气缸技术规格

品　　种	标　准　型	带 开 关 型	带　阀　型	带阀及开关型
型　　号	10Y-1	10Y-1R	10Y-1V	10Y-1K
气缸内径/mm	φ8、φ10、φ12、φ16、φ20、φ25、φ32、φ40、φ50		φ20、φ25、φ32、φ40、φ50	
最大行程/mm	φ8、φ10：200；φ12、φ16：300；φ20、φ25：400；φ32：500；φ40：600；φ50：800			
最短行程/mm	无限制	37	无限制	37
使用压力范围/MPa	φ8-φ16：0.1～1.0；φ20～φ50：0.05～1.0		0.15～1.0	
耐压力/MPa	1.5			
使用速度范围/MPa	φ8～φ16：50～500；φ20～φ50：50～700		50～500	
使用温度范围/℃	-25～80(但在不冻结条件下)			
使用介质	干燥洁净压缩空气			
缓冲型式	缓冲垫			
给油	不需要(也可给油)			

注：生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

4. QGCX 系列小型气缸(φ12～φ40)

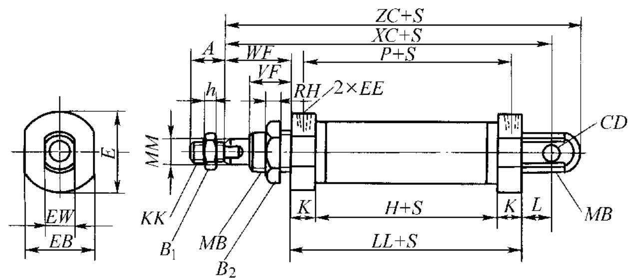
该系列气缸外形尺寸符合 ISO 6432 国际标准，单作用气缸不具可调缓冲装置，双作用气缸具有可调缓冲及不可调缓冲两种结构形式。该系列气缸制造精密，可替代进口产品。技术规格见表 23.4-21，外形尺寸见表 23.4-22。

表 23.4-21　QGCX 系列小型气缸技术规格

气缸种类	QGCX	QGCX-K	气缸种类	QGCX	QGCX-K
气缸型式	标准型	带开关型	气缸型式	标准型	带开关型
缸径/mm	12、16、20、25、32、40		给油	不供油(供油亦可)	
工作介质	洁净压缩空气		使用温度/℃	5～60	
工作压力范围/MPa	0.15～0.8		使用速度/mm·s^{-1}	50～500	
耐压力/MPa	1.2		行程误差/mm	0～250$^{\ 0}_{-1.0}$、250～400$^{\ 0}_{-1.5}$	

注：生产厂：济南华能气动元器件公司。

表 23.4-22　QGCX 气缸外形尺寸　(mm)



气缸内径	A	B_1	B_2	CD	E	EB	EW	H	h	K	KK
12	16	10	24	φ6H9	φ21	19	12	33	3.2	10	M6
16	16	10	24	φ6H9	φ24	22	12	35	3.2	10	M6
20	20	13	32	φ8H9	φ28	26	$16^{-0.1}_{-0.3}$	35	6.8	14	M8
25	22	16	32	φ8H9	φ32	30	$16^{-0.1}_{-0.3}$	35	9.3	14	M10×1.25
32	22	16	36	φ10H9	φ39	37	$16^{-0.1}_{-0.3}$	40	9.3	15	M10×1.25
40	24	18	40	φ12H9	φ47	45	$20^{-0.1}_{-0.3}$	42	12	15	M10×1.25

气缸内径	L	LL	MB	MM	P	RH	EE	VF	WF	XC	ZC
12	9	53	M16×1.5	φ6	43	8	M5×0.8	16	22	84	91
16	9	55	M16×1.5	φ6	45	8	M5×0.8	17.5	23.5	87.5	94.5
20	12	63	M22×1.5	φ8	49	11	G1/8	16	24	99	109
25	12	63	M22×1.5	φ10	49	11	G1/8	18	24	103	113
32	14	70	M24×2	φ12	55	12	G1/8	20	30	114	126
40	16	72	M30×2	φ14	57	12	G1/8	22	32	120	132

注：基本技术参数及安装尺寸适用于后平端型(H)、后轴向通气型(T)。

5. 10Y-2 系列气缸(φ20～φ40)

10Y-2 系列气缸技术规格见表 23.4-23，外形尺寸见表 23.4-24。

表 23.4-23　10Y-2 系列气缸技术规格

品　　种	标　准　型	带 开 关 型	带　阀　型	带阀带开关型
型　　号	10Y-2	10Y-2R	10Y-2V	10Y-2K
缸径/mm	φ20、φ25、φ32、φ40			
最大行程/mm	φ20：300；φ25：400；φ32：500；φ40：600			
最短行程/mm	无限制	37	无限制	37
工作压力范围/MPa	0.05～1.0		0.15～1.0	
耐压力/MPa	1.5			
使用速度范围/mm·s^{-1}	50～700		50～500	
使用温度范围/℃	-25～80(但在不冻结条件下)		-25～80(但在不冻结条件下)	
工作介质	经过净化的压缩空气			
缓冲型式	缓冲垫			
给油	不需要(也可给油)			

生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23.4-24　10Y-2 系列气缸外形尺寸(基本型)　(mm)

10Y-2（标准型）

①后盖基本型(S)

②后盖平端型(K)

③后盖轴向气口型(P)

10Y-2R（带开关型）

10Y-2V（带阀型）

10Y-2K（带阀带开关型）

缸径	A	B_1	B_2	D	CD	E	EB	EW	KK	L	VF	WF	MB	MM	LL		ZB	
															10Y-2	10Y-2R	10Y-2	10Y-2R
φ20	20	13	30	6	φ8H9	φ28	26	$162_{-0.3}^{-0.1}$	M8×1.25	12	16	24	M22×1.5	φ8	59	69	105	115
φ25	22	17	30	8	φ8H9	φ33	31	$16_{-0.3}^{-0.1}$	M10×1.25	12	18	28	M22×1.5	φ10	64	74	114	124
φ32	22	17	32	10	φ10H9	φ40	38	$16_{-0.3}^{-0.1}$	M10×1.25	14	20	30	M24×2	φ12	70	76	126	132
φ40	24	19	41	12	φ12H9	φ48	46	$20_{-0.3}^{-0.1}$	M12×1.25	16	22	32	M30×2	φ14	72	78	132	138

缸径	PJ		ZJ		UXR	UXH	RF	RG	EC	EH	J	ZE		PL	C	N
	10Y-2	10Y-2R	10Y-2	10Y-2R								10Y-2V	10Y-2K			
φ20	43	53	95	105	6	5	25	33	38	φ40	25	214	224	67	15.5	M8×1.25
φ25	48	58	104	114	8	8	26	35	38	φ40	25	223	233	72	15.5	M8×1.25
φ32	54	60	114	120	9	10	27	38	38	φ40	25.5	231.5	237.5	70	7.5	M8×1.25
φ40	56	62	120	126	10	11	29	43	46	φ48	30	240	246	72	7.5	M10×1.25

注：1. 气缸的安装尺寸可参照此表和 10Y-2 系列气缸附件尺寸表计算出来。

2. 10Y-2(标准型)的 φ20 和 φ25 两种缸径的 SD、FA、LS 三种安装符合 ISO。

3. 10Y-2 的 φ20～φ40 的安装及连接型式请参照 10Y-1 系列。

6. QM 系列小型气缸(φ20～φ40)

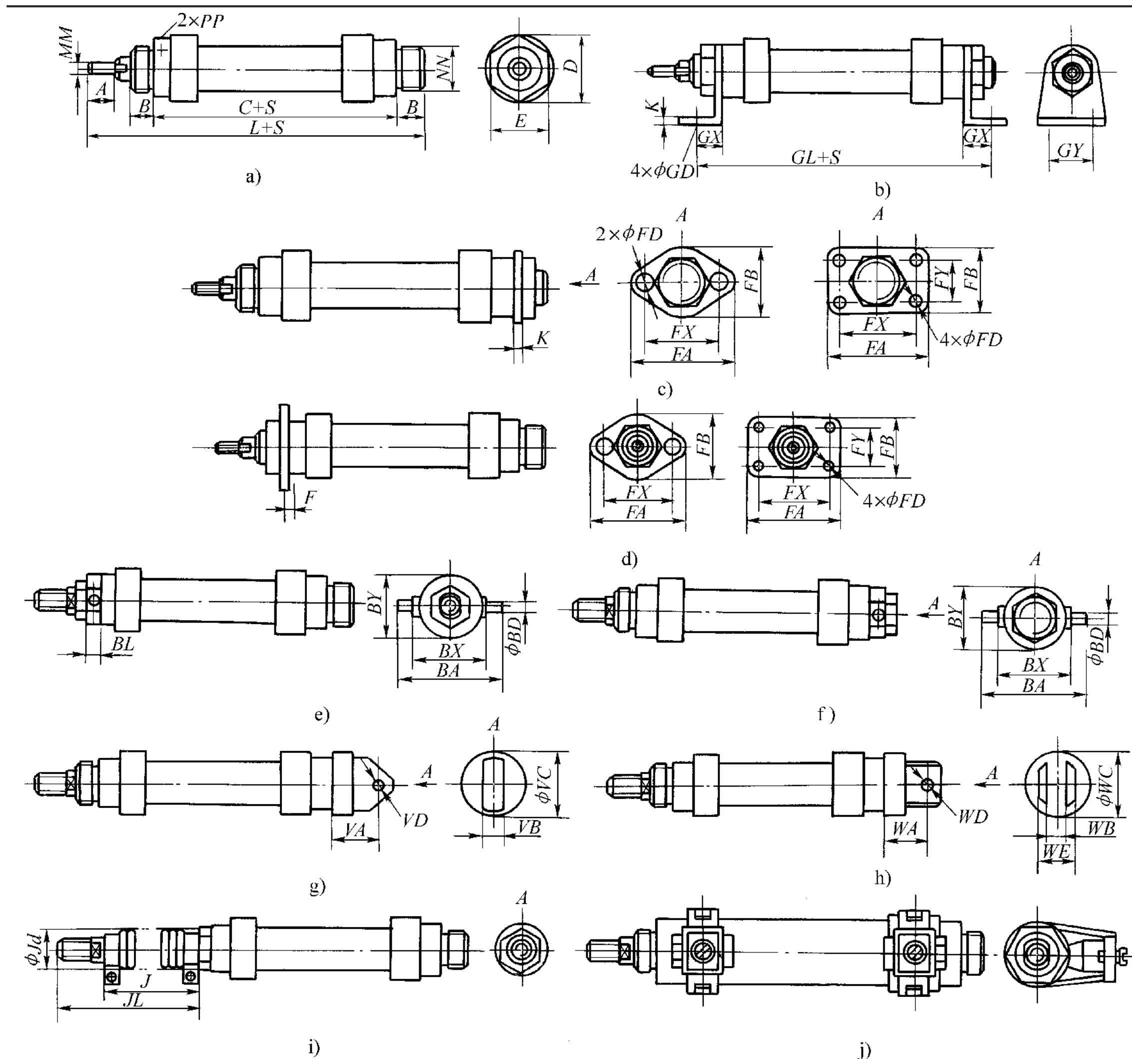
该系列气缸为自主开发无油润滑小型气缸，无缓冲，轴向尺寸紧凑。技术规格见表 23.4-25，外形尺寸见表 23.4-26。

表 23.4-25　QM 系列小型气缸技术规格

气缸内径/mm	20	25	32	40
工作压力/MPa	0.2～0.8			
环境温度/℃	-20～60(在不冻结条件下)			
行程范围/mm	≤200	≤300	≤400	≤500

生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

表 23.4-26　QM 系列小型气缸外形及安装尺寸　（mm）



a）基本型　b）角架安装 G　c）后法兰安装 F　d）前法兰安装 f　e）前摆轴安装 B_1　f）后摆轴安装 B_2

g）单耳尾座安装 S　h）双耳尾座安装 S_2　i）带防护套 FH　j）带磁性开关 K

缸径	*MM*	*d*	*NN*	*PP*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*L*	*K*	*GD*	*GL*	*GX*	*GY*	*GH*	*F*	*FA*	*FB*
20	M8×1.25	10	M20×1.5	ZG$^1/_8$	18	15	58	34.6	30	116	3.2	6.8	98	20	40	25	3.2	75	42
25	M10×1.25	12	M27×2	ZG$^1/_8$	22	15	58	37.7	34	120	3.2	6.8	98	20	40	28	4.5	75	42
32	M10×1.25	12	M27×2	ZG$^1/_8$	22	15	60	41.6	36	122	3.2	6.8	100	20	40	28	4.5	75	42
40	M14×1.5	16	M32×2	ZG$^1/_4$	24	21	78	53.1	46	154	3.2	7	124	23	50	36	4.5	82	52

缸径	*FX*	*FY*	*FD*	*BA*	*BD*	*BL*	*BX*	*BY*	*VA*	*VB*	*VC*	*VD*	*WA*	*WB*	*WC*	*WD*	*WE*	*J*	*Jd*	*JL*
20	60	—	7	52	8	10	32	32	32	10	28	9	32	10	28	9	20	32+0.3S	36	55+0.38
25	60	—	7	60	9	10	40	40	32	10	34	9	32	10	34	9	20	30+0.3S	36	59+0.3S
32	60	—	7	60	9	10	40	40	32	10	38	9	32	10	38	9	20	30+0.25S	36	59+0.3S
40	66	36	7	77	10	11	53	53	43	15	50	10	43	15	50	10	30	34+0.25S	40	68+0.25S

7. 10A-5 系列气缸（$\phi32\sim\phi160$）

10A-5 系列气缸系引进日本 TAIYO 株式会社技术，获三优产品称号，主要零部件用铝合金制造，重量轻。安装尺寸符合 ISO 国际标准，无给油润滑，可带阀，带开关。技术规格见表 23.4-27，外形尺寸见表 23.4-28。

表 23.4-27 10A-5 系列气缸技术规格 （mm）

气缸品种	10A-5(标准型) 10A-5R(带开关型)								10A-5V(带阀型)							
气缸内径 D/mm	ϕ32	ϕ40	ϕ50	ϕ63	ϕ80	ϕ100	ϕ125	ϕ160	ϕ32	ϕ40	ϕ50	ϕ63	ϕ80	ϕ100	ϕ125	ϕ160
最大行程 s/mm	500	800				1000			500	800			1000			
使用压力范围/MPa	0.05～1.0								0.15～0.8							
耐压力/MPa	1.5								1.2							
使用速度范围/mm·s^{-1}	50～700								50～500							
使用温度范围/℃	-25～80(但在不冻结条件下)								-25～80(但在不冻结条件下)							
工作介质	空气、干燥空气															
给油	不需要(也可给油)															
缓冲	两侧可调缓冲															
缓冲行程/mm	20				25			28	20				25			28

最短行程/mm	安装	气缸型号	10A-5R	10A-5V	10A-5K
	TC安装	ϕ32～ϕ125	125	75	125
		ϕ160	120	165	165
	其他安装	ϕ32～ϕ125	30	50	50
		ϕ160	110	165	165

生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23.4-28 10A-5 系列气缸外形尺寸 （mm）

SD（基本型）外形尺寸

a) 10A-5(标准型)
b) 10A-5R(带开关型)
c) 10A-5V (带阀型) 通电时推式
d) 通电时拉式
e) 自己保持式
f) 三位中封式 三位中排式 三位中压式

缸径	A	BB	D	DD	E	EA	EE	H	K	KK	EV	VZ	VR	LL
ϕ32	22	8	10	M6×1	44	44	ZG1/8	29	32	M10×1.25	ZG1/4	155	99	93
ϕ40	24	8	13	M6×1	50	50	ZG1/4	29	32	M12×1.25	ZG1/4	155	99	93
ϕ50	32	8	19	M6×1	62	62	ZG1/4	29	32	M16×1.5	ZG1/4	155	99	93
ϕ63	32	9	19	M8×1.25	76	75	ZG3/8	32	32	M16×1.5	ZG3/8	165	102	96
ϕ80	40	11	22	M10×1.5	94	94	ZG3/8	32	38	M20×1.5	ZG3/8	165	102	108
ϕ100	40	11	22	M10×1.5	114	112	ZG1/2	32	38	M20×1.5	ZG3/8	165	102	108
ϕ125	54	14	27	M12×1.75	138	136	ZG1/2	38	38	M27×2	ZG1/2	180	107	114
缸径	MM	P	RD	RR	VF	WF	YP	ZJ	VE	VT	RV	RY	VY	VP
ϕ32	ϕ12	58	ϕ28	□33	15	25	17.5	118	121	96	74	37	260	120
ϕ40	ϕ16	58	ϕ32	□37	15	25	17.5	118	121	96	80	40	260	120
ϕ50	ϕ22	58	ϕ38	□47	15	25	17.5	118	121	96	90	45	260	120

（续）

缸径	*MM*	*P*	*RD*	*RR*	*VF*	*WF*	*YP*	*ZJ*	*VE*	*VT*	*RV*	*RY*	*VY*	*VP*
ϕ63	ϕ22	61	ϕ38	□56	15	25	17.5	121	128	101	102	51	284	129
ϕ80	ϕ25	65	ϕ47	□70	21	35	21.5	143	128	101	118	59	284	129
ϕ100	ϕ25	65	ϕ47	□84	21	35	21.5	143	128	101	132	66	284	129
ϕ125	ϕ32	71	ϕ54	□104	21	35	21.5	149	137	125	154	77	306	138
ϕ160	ϕ40	79	ϕ62	□134	25	42	23	167	110	166	186	93	188	69

8. LG 系列气缸（ϕ32 ~ ϕ125）

LG 系列气缸为烟台厂自主开发的新产品，采用了新技术，新工艺和新材料。安装尺寸与国内主要产品 10A-5 系列、QGBQ 系列相同，可以通用、互换。本系列派生多种系列气缸，可满足用户各种需要。技术规格见表 23.4-29，外形尺寸见表 23.4-30。

表 23.4-29　LG 系列气缸技术规格

气缸型号		LGB、LGA 标准型、LGK 带开关型							LGF 带阀型、LGKF 带开关带阀型						
缸径/mm		32	40	50	63	80	100	125	32	40	50	63	80	100	125
最大行程/mm		500	800		1000				同前						
工作压力范围/MPa		0.049 ~ 0.98							0.147 ~ 0.98						
耐压力/MPa		1.47													
使用速度范围/mm · s^{-1}		50 ~ 700							50 ~ 500						
使用温度范围/℃		（在不冻结条件下）-25 ~ 80													
工作介质		空气、干燥空气													
给油		不需要（也可给油）													
缓冲行程/mm		20（LGA 除外）			25（LGA 除外）				20				25		
最短行程/mm	气缸型号	LGK			LGF					LGKF					
	TC 安装	125			75					125					
	其他安装	20			50					50					

生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

表 23.4-30　LG 系列气缸外形尺寸　（mm）

SD 基本型

缸径	*KK*	*A*	*d*	*B*	*WF*	*K*	*VF*	*EE* *M*	*EE* *R*	*EE* *G*	*LL*	*ZL*	*YP*	*TG*	*E*	*DD*	*BB*	*H*
32	M10 × 1.25	22	12	22	25	31	14	M10 × 1	ZG1/8	G1/8	93	118	17.5	32	44	M6	10	6
40	M12 × 1.25	24	16	28	25	31	14	M12 × 1.25	ZG1/4	G1/4	93	118	17.5	37	50	M6	10	7
50	M16 × 1.5	32	22	35	25	31	14	M12 × 1.25	ZG1/4	G1/4	93	118	17.5	47	62	M6	10	10
63	M16 × 1.5	32	22	35	25	31	14	M16 × 1.5	ZG3/8	G3/8	96	121	17.5	56	75	M8	11	10
80	M20 × 1.5	40	25	40	35	37	20	M16 × 1.5	ZG3/8	G3/8	108	143	21.5	70	94	M10	12	12
100	M20 × 1.5	40	25	40	35	37	20	M20 × 1.5	ZG1/2	G1/2	108	143	21.5	84	112	M10	12	12
125	M27 × 2	54	32	50	35	37	20	M20 × 1.5	ZG1/2	G1/2	114	149	21.5	104	136	M12	12	13

9. QGAⅡ、QGBⅡ系列气缸（ϕ32～ϕ320）

该气缸技术规格见表 23.4-31，外形尺寸见表 23.4-32 及表 23.4-33。

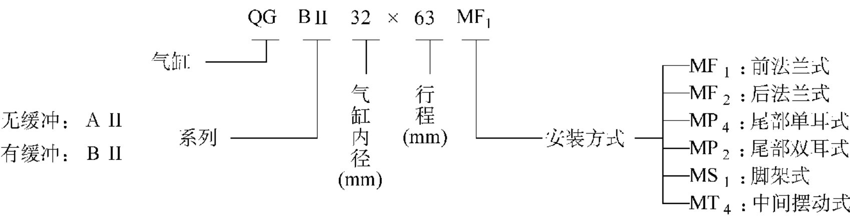
表 23.4-31　QGAⅡ、QGBⅡ系列气缸技术规格

气缸内径 *D*/mm			32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320
行程范围/mm		QGAⅡ	0～500		0～500	0～800	0～1200	0～2000	0～3000				
		QGBⅡ	50～500		60～500	60～800	80～1200	80～2000	100～3000	120～3000			
最高工作压力/MPa			1										
理论输出力（压力为 0.4 MPa 时）/N	推力	QGAⅡ	320	510	790	1260	2040	3190	4990	8190	12790	19990	
		QGBⅡ	320	510	790	1260	2040	3190	4990	8190	12790	19990	32760
	拉力	QGAⅡ	270	430	670	1140	1790	2940	4670	7550	12150	18990	
		QGBⅡ	270	430	670	1140	1790	2940	4670	7550	12150	18990	32760
工作寿命/km			≥50										

注：1. QGAⅡ系列气缸是无缓冲气缸，是 QGA 系列的改进型。

2. QGBⅡ系列气缸是缓冲气缸，此系列的设计参数、安装尺寸、安装形式均符合 ISO 国际标准。

3. 型号意义：

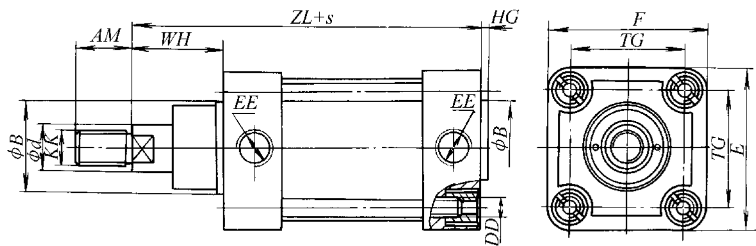


生产厂：烟台未来自动设备有限公司。

表 23.4-32　QGAⅡ系列基本型气缸外形尺寸　　（mm）

型　号	缸径 *D*	*KK*	ϕd	ϕB	*EE*	*DD*	*AM*	*WH*	*ZL*	*HG*	*TG*	*E*
QGAⅡ32×*s*	32	M10×1.25	12	24	M10×1	M6	14	22	90	3	34	48
QGAⅡ40×*s*	40	M12×1.25	16	34	M14×1.5	M6	16	25	110	3	40	55
QGAⅡ50×*s*	50	M16×1.5	20	40	M16×1.5	M6	22	25	110	3	48	65
QGAⅡ63×*s*	63	M16×1.5	20	40	M18×1.5	M8	22	23	128	3	60	80
QGAⅡ80×*s*	80	M20×1.5	28	50	M18×1.5	M10	28	29	134	4	75	100
QGAⅡ100×*s*	100	M20×1.5	28	50	M22×1.5	M10	28	29	155	4	90	115
QGAⅡ125×*s*	125	M27×2	32	60	M22×1.5	M12	36	34	175	4	112	145
QGAⅡ160×*s*	160	M36×2	45	80	M27×2	M16	50	35	196	5	145	190
QGAⅡ200×*s*	200	M36×2	45	80	M27×2	M16	50	40	210	5	180	225
QGAⅡ250×*s*	250	M42×2	56	100	M33×2	M20	56	45	225	5	225	280

表 23.4-33　QGBⅡ系列基本气缸外形尺寸　　(mm)



型	号	缸径 D	KK	ϕd	ϕB	EE	DD	AM	WH	ZL	HG	TG	E
QGBⅡ32 × s	QGN32 × s	32	M10 × 1.25	12	24	M10 × 1	M6	22	26	120	3	34	48
QGBⅡ40 × s	QGN40 × s	40	M12 × 1.25	16	34	M14 × 1.5	M6	24	30	135	3	40	55
QGBⅡ50 × s	QGN50 × s	50	M16 × 1.5	20	40	M14 × 1.5	M6	32	35	145	3	48	65
QGBⅡ63 × s	QGN63 × s	63	M16 × 1.5	20	40	M18 × 1.5	M8	32	37	158	3	60	80
QGBⅡ80 × s	QGN80 × s	80	M20 × 1.5	28	50	M18 × 1.5	M10	40	46	174	4	75	100
QGBⅡ100 × s	QGN100 × s	100	M20 × 1.5	28	50	M22 × 1.5	M10	40	51	189	4	90	115
QGBⅡ125 × s	QGN125 × s	125	M27 × 2	32	60	M22 × 1.5	M12	54	65	225	4	112	145
QGBⅡ160 × s	QGN160 × s	160	M36 × 2	45	80	M27 × 2	M16	72	80	260	4	145	190
QGBⅡ200 × s	QGN200 × s	200	M36 × 2	45	80	M27 × 2	M16	72	95	275	5	180	225
QGBⅡ250 × s	QGN250 × s	250	M42 × 2	56	100	M33 × 2	M20	84	110	300	5	225	280
QGBⅡ320 × s	QGN320 × s	320	M48 × 2	70	120	M33 × 2	M24	96	125	335	5	280	350

10. QGBQ 系列气缸($\phi32 \sim \phi100$)

该系列产品外形尺寸符合 ISO 国际标准，两侧可调缓冲，无给油自润滑，有多种派生系列产品，性能可靠，安装方便。目前国内多家企业均生产。技术规格见表 23.4-34，外形尺寸见表 23.4-35。

表 23.4-34　QGBQ 系列气缸技术规格

气缸品种		QGBQ(标准型)						QGBQ-F(带阀型)					
		QGBQ-K(带开关型)						QGBQ-FK(带阀及开关型)					
气缸内径 D/mm		$\phi32$	$\phi40$	$\phi50$	$\phi63$	$\phi80$	$\phi100$	$\phi32$	$\phi40$	$\phi50$	$\phi63$	$\phi80$	$\phi100$
最大行程 s/mm		500	800			1000		500	800		1000		
使用压力范围/MPa		0.05 ~ 1						0.15 ~ 1					
耐压性/MPa		1.2											
使用速度范围/mm · s^{-1}		50 ~ 700						50 ~ 500					
使用温度范围/℃		5 ~ 60						5 ~ 50					
使用介质		空气、干燥空气											
给油		不需要(也可给油)											
螺纹等级		GB 7307—2001 6g、611											
缓冲		两侧可调缓冲											
行程长度允差/mm	s≤500	$\phi32$；$\phi40$；$\phi50$：$^{+2.0}_{0}$ $\phi63$；$\phi80$；$\phi100$：$^{+2.5}_{0}$											
	s≥501	$\phi32$；$\phi40$；$\phi50$：$^{+2.5}_{0}$ $\phi63$；$\phi80$；$\phi100$：$^{+3.0}_{0}$											
缓冲行程/mm		20				25		20				25	

注：生产厂：济南华能气动元器件公司。

表 23.4-35　QGBQ 系列气缸外形尺寸及安装型式　（mm）

基本型

缸径	A	(B)	BB	D	DD	E	EA	EE	H	K	KK	LL	缸筒外径	MM	P	RD	RR	VF	WF	YP	ZJ	h
ϕ32	22	24f9	8	10	M6	44	44	G1/8	29	32	M10×1.25	93	36	ϕ12	58	ϕ28	□33	15	25	17.5	118	5
ϕ40	24	30f9	8	13	M6	51	51	G1/4	29	32	M12×1.25	93	44	ϕ16	58	ϕ32	□37	15	25	17.5	118	6
ϕ50	32	34f9	8	19	M6	62	62	G1/4	29	32	M16×1.5	93	55	ϕ22	58	ϕ38	□47	15	25	17.5	118	8
ϕ63	32	34f9	9	19	M8	75	75	G3/8	32	32	M16×1.5	96	68	ϕ22	61	ϕ38	□56	15	25	17.5	121	8
ϕ80	40	39f9	11	22	M10	94	94	G3/8	32	38	M20×1.5	108	87	ϕ25	65	ϕ47	□70	21	35	21.5	143	10
ϕ100	40	39f9	11	22	M10	112	112	G1/2	32	38	M20×1.5	108	107	ϕ25	65	ϕ47	□84	21	35	21.5	143	10

11. QGBM 系列米形气缸（ϕ32 ~ ϕ100）

该系列气缸参考最新国外技术，缸筒采用米字形铝型材，使四根拉杆通过四个孔，外形更加美观。气缸外形安装尺寸符合 ISO 标准。技术规格见表 23.4-36，外形尺寸见表 23.4-37。

表 23.4-36　QGBM 系列米形气缸技术规格

气缸内径/mm	ϕ32	ϕ40	ϕ50	ϕ63	ϕ80	ϕ100
行程范围/mm	10 ~ 2000					
使用压力范围/MPa	0.05 ~ 0.8					
耐压性/MPa	1.2					
使用温度范围/℃	−20 ~ 80					
使用介质	空气、干燥空气					
给油	不需要（也可给油）					
螺纹等级	GB/T 197—2003 6g · 6H					
接口螺纹	G1/8	G1/4	G3/8			G1/2

气缸内径/mm		ϕ32	ϕ40	ϕ50	ϕ63	ϕ80	ϕ100
缓冲		两侧可调缓冲					
行程长度允差/mm	S≤500	$^{+2.0}_{0}$			$^{+2.5}_{0}$		
	S≥501	$^{+2.5}_{0}$			$^{+3.0}_{0}$		
缓冲行程/mm		19	21	23		30	
理论传递力/N（压力为0.6MPa时）	推力	482	753	1178	1870	3015	4712
	拉力	415	633	990	1680	2720	4418

注：1. 生产厂：济南华能气动元件厂。

2. 型号意义：

QGBM □-□-□

气缸内径（mm）

气缸行程（mm）

安装型式：空　基本型；S2　轴向脚架；MF1　前法兰；MF2　后法兰；MT1　前铰轴；MT2—后铰轴；MT4　中间铰轴；MP2、MP2a—双悬耳；MP6、MP4—单悬耳

表 23.4-37　QGBM 系列气缸外形尺寸及安装型式　（mm）

（续）

	缸径（ϕ）	AM	B（f8）（ϕ）	D_2（f8）（ϕ）	D_5	D_7	E	EE	J_3	J_4	KK	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	SW_2	VD	WH	ZB
基本型	32	22	30	12	32.5	M5	45	G1/8	7	—	M10×1.25	35	76	4	26	13	9.5	—	10	16	26	120
	40	24	35	16	38	M5	54	G1/4	9	4.5	M12×1.25	42	81	5.5	24	13	6	—	13	20	30	135
	50	32	40	20	46.5	M6	65	G1/4	12	5.5	M16×1.5	49	82	5	24	15	4	17	17	25	37	143
	63	32	42	20	56.5	M6	80	G3/8	13	11.5	M16×1.5	54	87	6	28.5	19	—	—	17	28	40	155
	80	40	48	25	72	M8	96	G3/8	17	16	M20×1.5	62	96	6	28	21	—	23	22	34	48	172
	100	40	52	25	89	M8	126	G1/2	17.5	18	M20×1.5	69.5	101	7	32.5	21	—	23	22	40	53	187

12. LCZ（LCZM）系列气缸（ϕ25～ϕ200）

LCZ（LCZM）系列气缸技术规格见表23.4-38，外形尺寸见表23.4-39。

表23.4-38　LCZ（LCZM）系列气缸技术规格

缸径/mm	ϕ25	ϕ32	ϕ40	ϕ50	ϕ63，ϕ80	ϕ100，ϕ125，ϕ160，ϕ200
最大行程/mm	400	600	700	1000	1400	3000
工作压力/MPa	0.15～1.0					
使用温度范围/℃	-25～80（不冻结条件下）					
工作介质	洁净压缩空气					

（续）

缸径/mm	ϕ25	ϕ32	ϕ40	ϕ50	ϕ63，ϕ80	ϕ100，ϕ125，ϕ160，ϕ200
润滑油	LCZ：需润滑，LCZM：无需润滑					

注：1. 生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。
　　2. 型号意义：

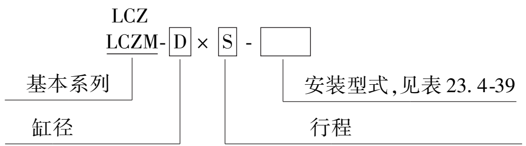


表23.4-39　LCZ（LCZM）系列气缸外形及安装尺寸　（mm）

基本型

脚架MS₁

中间摆轴MT₄

双耳尾座MP₂

前法兰MF₁
后法兰MF₂

单耳尾座MP₄

（续）

公差							*	*	*	*	*	*				
缸径 ϕD	AM	WH	VD	E	HG	AO	ZL	SA	XA	XD_2	ZF	XD	K_1	TR	d_5	AH
25	18	26	20	46	3	11.5	118	137	139	137	125	137	4	32	48	32
32	22	26	20	46	3	11.5	123	142	144	142	130	142	4	32	48	32
40	24	30	18	58	4	14.5	139	161	163	160	145	164	5	36	58	36
50	32	37	25	64	4	15	147	170	175	170	155	175	5	45	65	45
63	32	37	25	78	4	14	162	185	190	190	170	196	5	50	78	50
80	40	46	34	100	6	19	180	210	215	210	190	212	6	63	102	63
100	40	51	35	116	6	20	195	220	230	230	205	232	6	75	120	71
125	54	61	45	140	6	20.5	235	250	270	275	245	279	6	90	150	90
160	72	80	60	180	8	15	268	300	320	315	280	320	11	115	190	115
200	72	90	70	220	10	15	290	320	345	335	300	344	12	135	232	135

公差		h14	h14				+0.5		△	△							
缸径 ϕD	DB	TM	TL	UW	L	L_1	CB	UB	EW	EW_1	K	TF	UF	R	E_1	W	X
25	22	60	12	60	14	14	26	45	6	9	10	64	80	32	60	16	—
32	22	50	12	60	14	14	26	45	6	9	10	64	80	32	60	16	—
40	30	63	16	70	15	19	28	52	7	10	10	72	92	36	60	20	—
50	30	75	16	80	15	22	32	60	7	12	12	90	110	45	70	25	—
63	35	90	20	90	20	26	40	70	10	14	12	100	120	50	80	25	—
80	35	110	20	110	20	26	50	90	10	14	16	126	150	63	100	30	—
100	40	132	25	135	25	28	60	110	12	16	16	150	180	75	120	35	—
125	40	160	25	165	30	35	70	130	16	20	16	180	222	90	140	45	75
160	45	200	32	210	35	42	90	170	18	22	20	230	278	115	180	60	86
200	50	250	32	260	35	42	90	170	18	22	20	270	318	135	235	70	86

公差			d11			H13	e9	H8		H8	
缸径 ϕD	ϕd	KK	ϕB	EE	DD	ϕAB	ϕTD	ϕCD	MR	ϕCD_1	MR_1
25	10	M8	30	G1/8	M5	7	12	10	10	10	17
32	12	M10×1.25	30	G1/8	M5	7	12	10	10	10	17
40	16	M12×1.25	35	G1/4	M6	9	16	12	13	12	22
50	20	M16×1.5	40	G1/4	M6	9	16	12	13	12	24
63	20	M16×1.5	45	G3/8	M8	9	20	16	17	17	28
80	25	M20×1.5	50	G3/8	M10	12	20	16	17	17	30
100	25	M20×1.5	55	G1/2	M10	14	25	20	21	20	34
125	30	M27×2	60	G1/2	M10	16	25	25	26	25	—
160	40	M36×2	80	G3/4	M12	18	32	30	30	30	—
200	40	M36×2	80	G3/4	M14	22	32	30	30	30	—

气缸直径 ϕD	名义行程 s 时的允差	
	$s \leqslant 500$	$500 < s \leqslant 2000$
25～50	$^{+2}_{0}$	$^{+3.2}_{0}$
63～100	$^{+2.5}_{0}$	$^{+4}_{0}$
125～200	$^{+4}_{0}$	$^{+5}_{0}$

缸径	ZL	SA	XA	XD_2	ZF	XD
25～50	±1.6	±1.25	±1.25	1.25	±1.25	±1.25
63～100	±2	±1.6	±1.6	±1.6	±1.6	±1.6
125～200	±2.5	±2	±2	±2	±2	±2

注：△该尺寸不符合ISO标准。

13. QGS 系列气缸（$\phi32\sim\phi320$）

QGS 系列气缸技术规格见表 23.4-40，外形尺寸见表 23.4-41。

表 23.4-40　QGS 系列气缸技术规格

缸径/mm	φ32 φ40 φ50 φ63 φ80 φ100 φ125 φ160 φ200 φ250 φ320	使用温度范围/℃	5～60
		工作介质	净化的压缩空气
最大行程	缸径的 10 倍	润滑油	需要
工作压力/MPa	0.15～1.0　　0.1～1.0		

注：1. 生产厂：无锡市华通气动制造有限公司。

2. 型号意义：

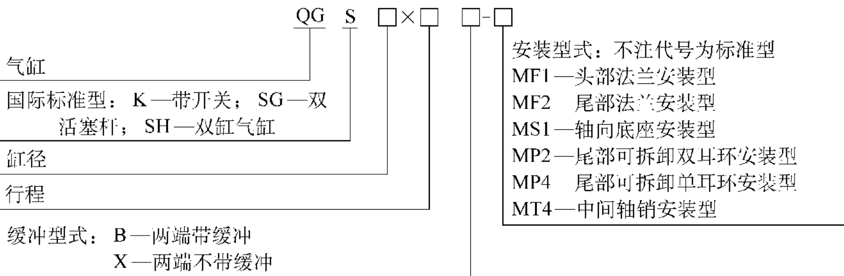


表 23.4-41　QGS 系列气缸外形尺寸及安装型式　　（mm）

基本型	型号规格	A	B	DD	E	EE	KK	MM	PJ	PM	TG	VE	WF	ZJ	缓冲行程
	QGS32	22	28	M6	50	M10×1 深 10	M10×1.25	12	74	11	35	18	26	122	7
	QGS40	24	32	M6	55	M14×1.5 深 11.5	M12×1.25	16	78	12.5	40	23	30	133	15
	QGS50	32	36	M6	62	M14×1.5 深 11.5	M16×1.5	20	81	12.5	47	25	35	141	15
	QGS63	32	36	M10	78	M18×1.5 深 14.5	M16×1.5	20	95	15	58	25	35	160	20
	QGS80	40	45	M10	95	M18×1.5 深 14.5	M20×1.5	25	98	15	72	30	46	174	20
	QGS100	40	50	M10	115	M22×1.5 深 15.5	M20×1.5	25	103	17.5	88	35	51	189	20
	QGS125	54	60	M12	140	M22×1.5 深 15.5	M27×2	32	122	21	108	44	61	225	20
	QGS160	72	70	M16	180	M27×2 深 19	M36×2	45	131	22.5	136	52	82	258	20
	QGS200	72	70	M16	220	M27×2 深 19	M36×2	45	144	23	166	59	90	280	25
	QGS250	84	84	M20	272	M33×2 深 19	M42×2	50	152	24	206	63	105	305	25
	QGS320	96	100	M24	340	M33×2 深 19	M48×2	63	172	24	260	74	120	340	25

14. QGBZ 系列气缸（$\phi50\sim\phi250$）

QGBZ 系列重型气缸为替代 QGA、QGB 系列老产品而开发的新产品。外形安装尺寸符合 ISO 国际标准。主要材料为优质碳素结构钢，坚固耐用，可在恶劣条件下工作，推荐在一般机械设备上使用。技术规格见表 23.4-42，外形尺寸见表 23.4-43。

表 23.4-42　QGBZ 系列气缸技术规格

缸径/mm	ϕ50	ϕ63	ϕ80	ϕ100	ϕ125	ϕ160	ϕ200	ϕ250
最大行程/mm	1400		1800		2000			
使用压力范围/MPa	0.1～1							
工作介质	洁净干燥带油雾的压缩空气							
使用速度范围/mm·s^{-1}	50～700							
使用温度范围/℃	5～60							
技术等级	GB/T 7307—2001　6g、6H							
缓冲	两侧可调缓冲							
使用油	粘度为 10～46 的润滑油							

注：1. 生产厂：济南华能气动元器件公司。

2. 型号意义：



表 23.4-43　QGBZ 系列气缸外形尺寸及安装型式　（mm）

基本型

缸径	A	B	B_1	BB	D	DD	E	EE	F	FP	H	h	J
ϕ50	32	ϕ34	22	7	19	M6×1	□62	G1/4	10	34	35	8	35.5
ϕ63	32	ϕ34	22	9	19	M8×1.25	□76	G3/8	10	34	38	8	35.5
ϕ80	40	ϕ39	27	10	22	M10×1.5	□94	G3/8	16	43	35	10	43
ϕ100	40	ϕ39	27	10	22	M10×1.5	□114	G1/2	16	43	35	10	43
ϕ125	54	ϕ46	36	13	27	M12×1.75	□138	G1/2	—	—	45	13.5	41
ϕ160	72	ϕ55	50	16	36	M16×2	□178	G3/4	—	—	50	18	46.5
ϕ200	72	ϕ55	50	16	36	M16×2	□216	G3/4	—	—	50	18	46.5
ϕ250	84	ϕ60	60	19	41	M20×2.5	□270	G1	—	—	65	21	52

（续）

	缸径	KK	K	LF	LL	MM	P	RE	RR	VF	W	WE	YP	ZB	ZJ
基本型	ϕ50	M16×1.5	22.5	103	—	ϕ22	58	—	□47	—	15	—	—	125	118
	ϕ63	M16×1.5	22.5	106	—	ϕ22	61	—	□56	—	15	—	—	130	121
	ϕ80	M20×1.5	30	124	—	ϕ25	67	—	□70	—	19	—	—	153	143
	ϕ100	M20×1.5	30	124	—	ϕ25	67	—	□84	—	19	—	—	153	149
	ϕ125	M27×2	28	—	114	ϕ32	73	□65	□104	21	—	35	27	162	149
	ϕ160	M36×2	34.5	—	131	ϕ 40	85	□76	□134	25	—	41	29	188	172
	ϕ200	M36×2	34.5	—	131	ϕ40	85	□76	□163	25	—	41	29	188	172
	ϕ250	M42×2	45	—	162	ϕ45	109	□90	□202	30	—	48	30	229	210

15. 10A-2 系列气缸（ϕ125～ϕ250）

10A-2 系列气缸技术规格见表 23.4-44，外形及安装尺寸见表 23.4-45。

表 23.4-44　ISO 标准 10A-2 系列气缸技术规格

系　　列	10Y-2	10A-5	10A-2
气缸内径/mm	20、25、32、40	32、40、50、63、80、100	125、160、200、250
工作压力/MPa	0.1～1.0	0.1～1.0	0.1～1.0
环境温度/℃	-10～70	-10～70	-10～70
工作速度/mm·s^{-1}	50～700	50～700	50～700
行程/mm	0～2000	0～2000	0～2000
机型	标准型 带磁性开关型	标准型、带磁性开关型 带阀型、带阀带磁性开关型	标准型

注：1. ISO 标准系列气缸、缸筒、端盖多由铝合金制成，不供油润滑，带有双向缓冲装置，安装形式多样。

2. 本系列气缸有单杆缸，为标准型，也有双杆气缸，作为非标准制作。

3. 生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

4. 型号意义：

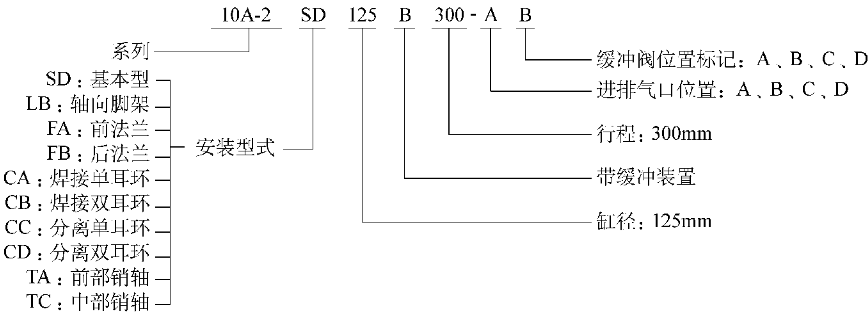
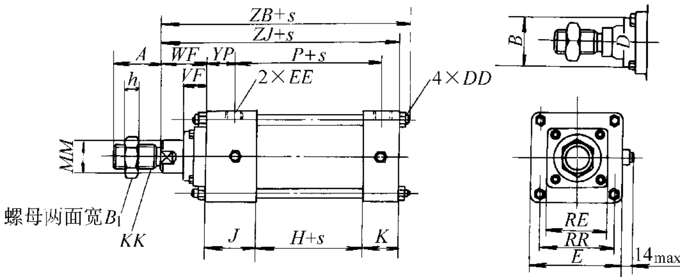


表 23.4-45　ISO 10A-2 系列气缸外形及安装尺寸　　（mm）

1）基本型（SD 型）ISO



（续）

2）前法兰式(FA 型)ISO

3）后法兰式(FB 型)ISO

4）轴向脚架式(LB 型)

5）单悬耳式(CC 型)

6）双悬耳式(CD 型)

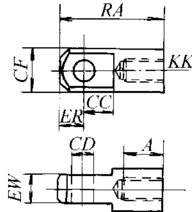
代号 \ 缸径	ϕ125	ϕ160	ϕ200	ϕ250
A	54	72	72	84
B	ϕ46	ϕ55	ϕ55	ϕ60
B_1	36	50	50	55
D	27	36	36	41
DD	M12	M16	M16	M20
E	□138	□178	□216	□270
EE	ZG1/2″	ZG3/4″	ZG3/4″	ZG1″
H	37	43	43	55
h	22	28	28	32
J	45	50	50	57
K	32	38	38	50
P	73	85	85	109
KK	M27×2	M36×2	M36×2	M42×2
MM	ϕ32	ϕ40	ϕ40	ϕ45
RE	□65	□76	□76	□90
RR	□104	□134	□163	□202
VF	21	25	25	30
WF	35	41	41	48
YP	27	29	29	30
ZB	162	188	188	229
ZJ	149	172	172	210
EF	138	178	216	270
F	16	20	20	25
FB	ϕ14	ϕ18	ϕ18	ϕ22
LF	130	151	151	187
R	104	134	163	201
TF	168	212	250	312
UF	196	248	286	356
W	19	21	21	23
ZF	165	192	192	235
AB	ϕ18	ϕ22	ϕ22	ϕ26
AE	148	187	226	276
AH	79	98	118	141
AL	43	50	55	60
AO	18	22	22	24
AT	10	10	15	15
SA	200	231	241	282
UA	138	178	216	270
XA	192	222	227	270
CD	ϕ20	ϕ28	ϕ28	ϕ36
EW	32	40	40	50
L	36	44	44	58
LR	R26	R32	R32	R46
MR	R22	R30	R30	R42
XC	199	236	241	298
ZL	163	192	197	240
T	14	20	25	30
ZC	219	264	269	334
CP	78	97	97	117
UB	64	80	80	100
BD	43	53	53	58

（续）

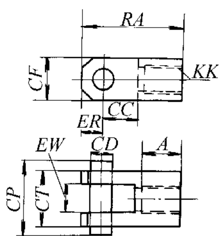
型式	代号 \ 缸径	ϕ125	ϕ160	ϕ200	ϕ250
7）中间铰轴式（TC型）	PH_{min}	101.5	117.5	117.5	134
	s_{min}	6	10	10	3
	TD	ϕ25	ϕ36	ϕ36	ϕ45
	UM	208	272	318	394
	UW	158	200	246	304
	XI	98.5	112.5	112.5	132.5
	TM	158	200	246	304
	GB	ϕ18	ϕ22	ϕ22	ϕ26
8）中间铰轴座式（TCC型）	GD	25	36	36	45
	GE	115	170	170	210
	GH	85	130	130	160
	GK	145	185	185	215
	GL	105	140	140	165
	GM	183	236	282	349
	GT	25	25	25	32
	XM	110	130	130	170
	BF	77	120	120	165
	BH	75	115	115	140
9）双悬耳座式（CDD型）	BT	14	23	23	28
	KC	112	165	165	215
	KD	17.5	22.5	22.5	25
	LB	ϕ18	ϕ22	ϕ22	ϕ26
	WM	145	175	175	220

10）杆端附件外形和尺寸

T形（单耳接杆）



Y形（叉式带销接杆）



缸径 \ 代号	A	CC	ER	CF T形	CF Y形	CD	CP	CT	EW	RA	KK
ϕ125	56	32	20	ϕ49	40	ϕ20	78	64	32	120	M27×2
ϕ160	74	33	28	ϕ62	55	ϕ28	97	80	40	153	M36×2
ϕ200	74	33	28	ϕ62	55	ϕ28	97	80	40	153	M36×2
ϕ250	86	48	36	ϕ79	70	ϕ36	117	100	50	180	M42×2

16. JB 系列重型气缸（$\phi80 \sim \phi400$）

JB 系列重型气缸是冶金设备用气缸，是性能稳定、制造成熟的产品，符合 JB 标准要求，带缓冲装置，国内多数气动元件厂生产该系列产品。技术规格见表 23.4-46，外形尺寸见表 23.4-47。

表 23.4-46　JB 系列重型气缸技术规格

缸径/mm	80	100	125	160	180	200	250	320	400
最大行程/mm	600		800		1000		1250	1600	
工作介质	经过净化并含有油雾的压缩空气								
使用温度范围/℃	-25 ~ 80（在不冻结条件下）								
工作压力范围/MPa	0.15 ~ 0.8								
使用速度范围/$mm \cdot s^{-1}$	100 ~ 500								

注：生产厂：烟台未来自动设备有限公司，广东肇庆方大气动有限公司，济南华能气动元器件公司、无锡华通气动制造有限公司。

表 23.4-47　JB 系列重型气缸外形尺寸　　（mm）

基本型	缸径	D_2	L	L_1	L_2	d	d_1	d_2	d_3	e	e_1	e_2	B	B_1	b
	80	95	240	135	105	30	M20 × 1.5	M14 × 1.5	M12	50.5	35	30	115	85	24
	100	95	240	135	105	30	M20 × 1.5	M14 × 1.5	M12	50.5	35	30	130	100	24
	125	130	310	180	140	40	M24 × 2	M18 × 1.5	M16	59	40	40	160	120	36
	160	130	310	180	140	40	M24 × 2	M18 × 1.5	M16	59	40	40	190	150	36
	180	170	350	190	150	50	M30 × 2	M18 × 1.5	M20	84	50	40	220	170	41
	200	170	350	190	150	50	M30 × 2	M18 × 1.5	M20	84	50	40	240	190	41
	250	200	450	240	180	70	M42 × 3	M27 × 2	M24	109	60	50	290	230	65
	320	240	520	260	200	90	M56 × 4	M33 × 2	M30	118	70	60	350	280	75
	400	240	520	260	200	90	M56 × 4	M33 × 2	M36	118	70	60	430	350	75

1.6.3　普通双活塞气缸

1. QGEW-1 系列气缸（$\phi20 \sim \phi40$）

QGEW-1 系列气缸技术规格见表 23.4-48，外形尺寸见表 23.4-49。

表 23.4-48　QGEW-1 系列气缸技术规格

品　　种	标准型	带开关型
型　　号	QGEW-1	QGEW-1R
气缸内径/mm	$\phi20$、$\phi25$、$\phi32$、$\phi40$	
最大行程/mm	$\phi20$:300 · $\phi25$:400 · $\phi32$:500 · $\phi40$:600	
最短行程/mm	无限制	37
使用压力范围/MPa	0.1 ~ 1.0	
耐压力/MPa	1.5	
使用速度范围/$mm \cdot s^{-1}$	50 ~ 700	
使用温度范围/℃	-25 ~ 80（但不在冻结条件下）	
使用介质	干燥，洁净压缩空气	
缓冲型式	缓冲垫	
给油	不需要（也可给油）	

生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23.4-49　QGEW-1 系列气缸外形尺寸　（mm）

基本型（SD）

a）

b）

a）标准型（QGEW-1）　b）带开关型（QGEW-1R）

缸径	A	B_1	B_2	D	E	EB	K	KK	LL	MB	MM	PJ	VF	WF	YP	UXR	UXH	RF	RG
ϕ20	20	13	30	6	ϕ28	26	15	M8×1.25	69	M22×1.5	ϕ8	53	16	24	8	6	5	25	33
ϕ25	22	17	30	8	ϕ33	31	15	M10×1.25	74	M22×1.5	ϕ10	58	18	28	8	8	8	26	35
ϕ32	22	17	32	10	ϕ40	36	15	M10×1.25	76	M24×2	ϕ12	60	20	30	8	9	10	27	38
ϕ40	24	19	41	12	ϕ48	46	15	M12×1.25	78	M30×2	ϕ14	62	22	32	8	10	11	29	43

注：1. 本产品与 10Y-2 系列气缸兼容，其他尺寸参见 10Y-2 系列气缸。
　　2. 气缸行程 s 范围见表 23.4-48。

2. QGEW-2 系列气缸（ϕ32～ϕ125）

QGEW-2 系列气缸技术规格见表 23.4-50，外形尺寸见表 23.4-51。

表 23.4-50　QGEW-2 系列气缸技术规格

气缸型号		QGEW-2（标准型）							QGEW-2V（带阀型）						
		QGEW-2R（带开关型）							QGEW-2K（带阀带开关型）						
气缸内径 D/mm		32	40	50	63	80	100	125	32	40	50	63	80	100	125
最大行程 S/mm		500	800			1000			500	800			1000		
工作压力范围/MPa		0.1～1.0							0.15～1.0						
耐压力/MPa		1.5													
使用速度范围/mm·s^{-1}		50～700，50～500													
使用温度范围/℃		-25～80（但在不冻结条件下）													
工作介质		经净化的压缩空气													
给油		不需要（也可给油）													
缓冲		两侧可调缓冲													
缓冲行程/mm		20			25			20			25				
最短行程	气缸型号	QGEW-2R			QGEW-2V					QGEW-2K					
	TC 安装	125			75					125					
	其他安装	15			50					50					

注：生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23.4-51　QGEW-2 系列气缸外形尺寸　　（mm）

基本型（SD）

a）QGEW-2（标准型）　b）QGEW-2R（带开关型）　c）QGEW-2V（带阀型）

缸径	*A*	*BB*	*D*	*DD*	*E*	*EA*	*EE*	*H*	*K*	*KK*	*EV*	*VZ*
ϕ32	22	8	10	M6×1	44	44	ZG1/8	29	32	M10×1.25	ZG1/8	155
ϕ40	24	8	13	M6×1	50	50	ZG1/4	29	32	M12×1.25	ZG1/4	155
ϕ50	32	8	19	M6×1	62	62	ZG1/4	29	32	M16×1.5	ZG1/4	155
ϕ63	32	9	19	M8×1.25	76	75	ZG3/8	32	32	M16×1.5	ZG3/8	165
ϕ80	40	11	22	M10×1.5	94	94	ZG3/8	32	38	M20×1.5	ZG3/8	165
ϕ100	40	11	22	M10×1.5	114	112	ZG1/2	32	38	M20×1.5	ZG3/8	165
ϕ125	54	14	27	M12×1.75	138	136	ZG1/2	38	38	M27×2	ZG1/2	180

缸径	*VR*	*LL*	*MM*	*P*	*RD*	*RR*	*VF*	*WF*	*YP*	*ZJ*	*VE*	*VT*	*RV*	*RY*
ϕ32	99	93	ϕ12	58	ϕ28	□33	15	25	17.5	118	121	96	74	37
ϕ40	99	93	ϕ16	58	ϕ32	□37	15	25	17.5	118	121	96	80	40
ϕ50	99	93	ϕ22	58	ϕ38	□47	15	25	17.5	118	121	96	90	45
ϕ63	102	96	ϕ22	58	ϕ38	□56	15	25	17.5	121	128	101	102	51
ϕ80	102	108	ϕ25	65	ϕ47	□70	21	35	21.5	143	128	101	118	59
ϕ100	102	108	ϕ25	65	ϕ47	□84	21	35	21.5	143	128	101	132	66
ϕ125	107	114	ϕ32	71	ϕ54	□104	21	35	21.5	149	137	125	154	77

注：1. 本产品与 10A-5 系列气缸兼容，其他尺寸参见 10A-5 系列气缸。

2. 气缸行程 *s* 范围见表 23.4-50。

3. LGL 系列气缸（ϕ32 ~ ϕ125）

LGL 系列气缸主要技术参数参见前述的 LG 系列气缸的表 23.4-29，外形尺寸参见图 23.4-31 及表 23.4-30。

4. QGBQS 系列气缸（ϕ32 ~ ϕ100）

该系列气缸技术规格见 QGBQ 系列气缸的表 23.4-34，外形尺寸见表 23.4-52。

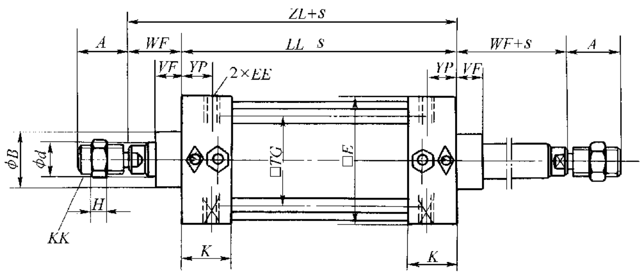
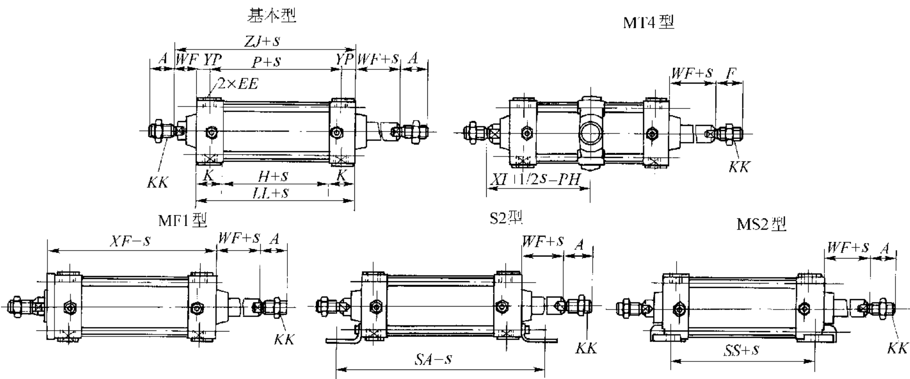


图 23.4-31　LGL 系列气缸外形尺寸

注：生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

表 23.4-52　QGBQS 系列气缸外形尺寸　（mm）



缸径	A	SS	EE	SA	H	K	KK	LL	P	WF	XF	YP	ZJ	XI
ϕ32	22	73	G1/8	134	29	32	M10×1.25	93	58	25	103	17.5	118	71.5
ϕ40	24	73	G1/4	140	29	32	M12×1.25	93	58	25	103	17.5	118	71.5
ϕ50	32	73	G1/4	149	29	32	M16×1.5	93	58	25	103	17.5	118	71.5
ϕ63	32	76	G3/8	158	32	32	M16×1.5	96	61	25	106	17.5	121	73
ϕ80	40	82	G3/8	168	32	38	M20×1.5	108	65	35	124	21.5	143	89
ϕ100	40	82	G1/2	168	32	38	M20×1.5	108	65	35	124	21.5	143	89

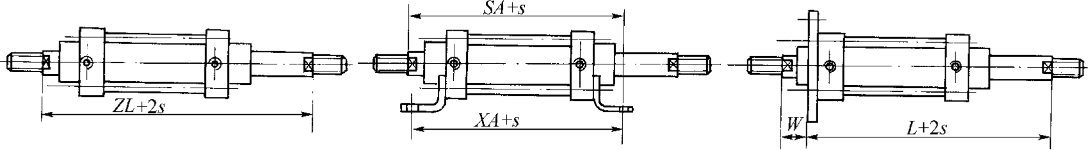
注：1. 其他尺寸参见 QGBQ 系列气缸的表 23.4-35。

2. 生产厂：无锡华通气动制造有限公司。

5. QGSG 系列气缸（ϕ32 ~ ϕ320）

QGSG 系列气缸技术规格见 QGS 系列气缸的表 23.4-40，外形及安装尺寸见表 23.4-53。

表 23.4-53　QGSG 系列气缸外形及安装尺寸　（mm）



（续）

缸径	*ZL*	*XA*	*SA*	*L*1	*W*	缸径	*ZL*	*XA*	*SA*	*L*1	*W*
32	148	144	140	130	18	125	286	268	250	243	43
40	163	161	159	143	20	160	340	320	300	278	62
50	176	171	166	151	25	200	370	345	320	300	70
63	195	190	185	172	23	250	410	380	350	330	80
80	220	215	210	190	30	320	460	425	390	370	90
100	240	230	220	205	35						

注：1. 其他尺寸参见 QGS 系列气缸的表 23. 4-41。
2. 生产厂：无锡华通气动制造有限公司。

6. QGEW-3 系列气缸（ϕ125 ~ ϕ250）

QGEW-3 系列气缸技术规格见 10A-2 系列气缸的表 23. 4-44，外形尺寸见表 23. 4-54。

1. 6. 4 薄型气缸

与普通气缸相比，薄型气缸的轴向尺寸更小，更便于安装。

1. DQGI 系列薄型气缸（ϕ12 ~ ϕ100）

DQGI 系列薄型气缸的技术规格见表 23. 4-55，外形尺寸见表 23. 4-56。

2. QCQ2 系列薄型气缸（ϕ12 ~ ϕ100）

该系列产品按日本规格尺寸设计制造，采用进口密封圈。技术规格见表 23. 4-57，外形尺寸见表23. 4-58。

表 23. 4-54 QGEW-3 系列气缸外形尺寸 （mm）

缸径	*A*	*B*	B_1	*D*	*PD*	*E*	*EE*	*h*	*J*	*KK*	*P*	*MM*	*LP*	*RE*	*RR*	*VF*	*WF*	*YP*	*ZJ*
ϕ125	54	ϕ46	36	27	M12	□138	ZG1/2	22	45	M27 × 2	73	ϕ32	127	□65	□104	21	35	27	162
ϕ160	72	ϕ55	50	36	M16	□178	ZG3/4	28	50	M36 × 2	85	ϕ40	143	□76	□134	25	41	29	184
ϕ200	72	ϕ55	50	36	M16	□216	ZG3/4	28	50	M36 × 2	85	ϕ40	143	□76	□163	25	41	29	184
ϕ250	84	ϕ60	55	41	M20	□270	ZG1	32	57	M42 × 2	109	ϕ45	169	□90	□202	30	48	30	217

注：1. 其他安装型式及尺寸参见 10A-2 系列气缸的表 23. 4-45。
2. 生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23. 4-55 DQGI 系列薄型气缸技术规格 （mm）

缸径/mm	12	16	20	25	32	缸径/mm	40	50	63	80	100
行程范围/mm	5 ~ 20	5 ~ 25	5 ~ 30	5 ~ 35	5 ~ 50	行程范围/mm	5 ~ 60	10 ~ 70	10 ~ 80	10 ~ 100	10 ~ 120
工作压力/MPa	0. 15 ~ 1					工作压力/MPa	0. 15 ~ 1				
使用温度范围/℃	- 25 ~ 80					使用温度范围/℃	- 25 ~ 80				
工作介质	空气、干燥空气					工作介质	空气、干燥空气				

注：生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

表 23.4-56　DQGI 型薄型气缸外形尺寸（mm）

基本型、带磁性开关型

基本型 DQGI(ϕ12～ϕ25)

带磁性开关型 DQGI-K(ϕ12～ϕ25)

缸径	A	B	ϕD	E	F	H	C	K	L	M	ϕN	ϕO	P	Q	V	I
12	31	28	6	33	8.5	M3	6	5	3	22	3.5	6.5	M5	15	25	3.5
16	34	30	8	38	9	M4	8	6	4	28	3.5	6.5	M5	16.5	29	3.5
20	36	31	10	47	9	M5	7	8	5	36	5.5	9	M5	16.5	36	7
25	37	33	12	52	10	M6	12	10	4	40	5.5	9	M5	16.5	40	7

基本型、双出杆型、带磁性开关型、双出杆型（带磁性开关）

基本型 DQGI 型(ϕ32～ϕ100)

双出杆型 DQGIL-L 型(ϕ32～ϕ100)

带磁性开关型 DQGI-K 型(ϕ32～ϕ100)

双出杆型(带磁性开关) DQGIL-K 型(ϕ32～ϕ100)

缸径	ϕB	ϕd	L	B	M	K	H	P	TG	d_1	d_2	h	F	E	KK
32	24	14	40	33	6	5	50	46	34	5.5	9	13	12	G1/8	M8
40	28	16	46	38	6	6	57	52	40	5.5	9	13	14	G1/8	M8
50	32	20	48	40	7	6	71	64	50	6.6	11	15	15	G1/4	M10
63	32	20	50	42	9	6	84	78	60	9	14	15	15	G1/4	M10
80	40	25	60	50	11	7	104	98	77	11	17.5	21	19.5	G3/8	M16
100	40	25	72	60	11	7	124	118	94	11	17.5	27	23	G3/8	M20

注：气缸行程 s 范围见表 23.4-55。

表 23.4-57　QCQ2 系列薄型气缸技术规格

缸径/mm	12　16　20　25　32　40　50　63　80　100	杆端螺纹	内螺纹(标准)，外螺纹(选择)			
工作介质	经过滤的压缩空气	缓冲	无			
动作型式	双动，单动，弹簧压回/弹簧压出	行程误差/mm	0～1.0			
耐压试验压力	1.5MPa	润滑	不需要			
最高使用压力	1.0MPa	安装接管口径(G)	通孔(标准)，两端内螺纹(选择)			
环境和流体温度/℃	5～60		M5×0.8	1/8	1/4	3/8

注：生产厂：上海全伟自动化元件有限公司。

表 23.4-58　QCQ2 系列薄型气缸外形尺寸　（mm）

QCQ2B/QCDQ2B 系列双作用型

缸径	行程范围	A	A*	B	B*	φD	E	F	F*	H	C	φI	J	K	备注
12	5～30	20.5	31.5	17	28	6	32	5	6.5	M3×0.5	6	—	—	5	磁性气缸尺寸
16	5～30	22	34	18.5	30.5	8	38	5.5	5.5	M4×0.7	8	—	—	6	
20	5～50	24	36	19.5	31.5	10	46.8	5.5	5.5	M5×0.8	7	—	—	8	
25	5～50	27.5	37.5	22.5	32.5	12	52	5.5	5.5	M6×1.0	12	—	—	10	
32	5	30	40	23	33	16	45	5.5	7.5	M8×1.25	13	60	4.5	14	
	10～50							7.5							
40	5～50	36.5	46.5	29.5	39.5	16	52	8	8	M8×1.25	13	69	5	14	
50	10～50	38.5	48.5	30.5	40.5	20	64	10.5	10.5	M10×1.5	15	86	7	17	
63	10～50	44	54	36	46	20	77	10.5	10.5	M10×1.5	15	103	7	17	
80	10～50	53.5	63.5	43.5	53.5	25	98	12.5	12.5	M16×2.0	21	132	6	22	
100	10～50	65	75	53	63	30	117	13	13	M20×2.5	27	156	6.5	27	

（续）

QCQ2B/QCDQ2B系列双作用型	缸径	行程范围	L	M	φN	φO	P	P*	Q	Q*	S	U	V	Z	备　注
	12	5～30	3.5	22	3.5	6.5 深 3.5	M5×0.8	M5×0.8	7.5	11	35.5	19.5	25	—	磁性气缸尺寸
	16	5～30	3.5	28	3.5	6.5 深 3.5	M5×0.8	M5×0.8	8	10	41.5	22.5	29	—	
	20	5～50	4.5	36	5.5	9 深 7	M5×0.8	M5×0.8	9	10.5	48	24.5	36	—	
	25	5～50	5	40	5.5	9 深 7	M5×0.8	M5×0.8	11	11	53.5	27.5	40	—	
	32	5	7	34	5.5	9 深 7	M5×0.8	G1/8	11.5	10.5	58.5	31.5	—	18	
		10～50					G1/8		10.5						
	40	5～50	7	40	5.5	9 深 7	G1/8	G1/8	11	11	66	35	—	18	
	50	10～50	8	50	6.6	11 深 8	G1/4	G1/4	10.5	10.5	80	41	—	22	
	63	10～50	8	60	9	14 深 10.5	G1/4	G1/4	15	15	93	47.5	—	22	
	80	10～50	10	77	11	17.5 深 13.5	G3/8	G3/8	16	16	112.5	57.5	—	26	
	100	10～50	12	94	11	17.5 深 13.5	G3/8	G3/8	23	23	132.5	67.5	—	26	

3. QGD 系列薄型气缸（φ16～φ100）

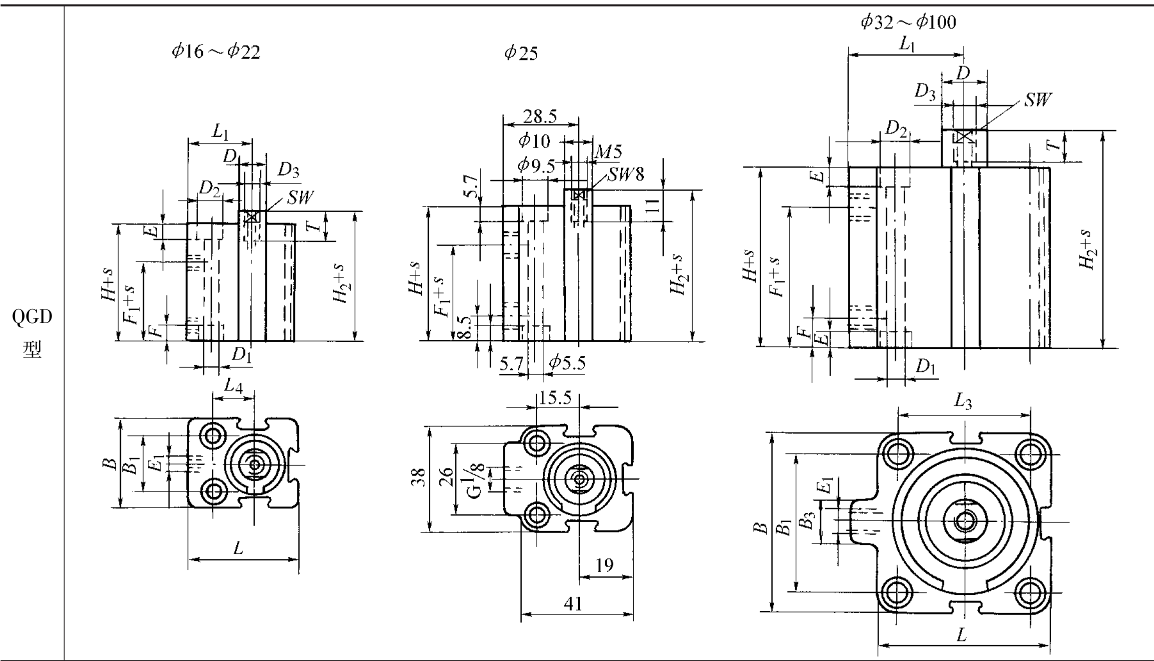
QGD 系列薄型气缸技术规格见表 23.4-59，外形尺寸表 23.4-60。

表 23.4-59　QGD 系列薄型气缸技术规格

气缸内径/mm	φ16	φ20	φ25	φ32	φ40	φ50	φ16	φ20	φ25	φ32	φ40	φ50	φ63	φ80	φ100
气缸种类	单作用（弹簧复位）						双作用								
使用介质	洁净压缩空气														
保证耐压力/MPa	1.5														
最高使用压力/MPa	0.99														
环境介质温度/℃	-10～70														
杆端螺纹	内螺纹														
缓冲	不可调缓冲														
给油	不需要（给油亦可）														
行程范围/mm	5～10					10～20	5～40	5～50		5～80		10～80			
接管螺纹	M5	M5	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8	M5	M5	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8	G1/4	G1/4

注：生产厂：济南华能气动元器件公司。

表 23.4-60　QGD 系列薄型气缸外形尺寸　（mm）

QGD 型	

（续）

	缸径	B	B_1	B_3	D（ϕ）	D_1（ϕ）	D_2（ϕ）	D_3	E_1	E	F	L	L_1	L_3	L_4	SW	T	F_1	H	H_2
QGD型	ϕ16	28	18	—	6	4.5	8	M4	M5	4.6	5	34	20	—	12	6	6	8.5	17	20.5
	ϕ20	32	20	—	10	5.5	9.5	M5	M5	5.7	6	40	24	—	15	8	8	9	20	23.5
	ϕ25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.5	26.5	30
	ϕ32	45	32	26	16	5.5	9.5	M6	G1/8	5.7	8.5	48	29	36	—	14	12	16.5	29.5	33
	ϕ40	55	42	28	16	5.5	10	M6	G1/8	5.7	14.5	55	33.5	42	—	14	12	23.5	38	41.5
	ϕ50	65	50	28	20	6.6	11	M8	G1/8	6.8	15	65	38.5	50	—	18	12	24	39	43.5
	ϕ63	80	62	28	20	9	15	M8	G1/8	9	16.5	80	45.5	62	—	18	14	26.5	43	47.5
	ϕ80	100	82	30	25	9	15	M10	G1/4	10	19	100	58	82	—	22	16	35.5	54.5	61
	ϕ100	124	103	30	25	11	17.5	M12	G1/4	16.5	21.5	124	68	103	—	22	20	32.5	59	65.5

4. QGY系列薄型气缸（ϕ20～ϕ100）

QGY系列薄型气缸技术规格见表23.4-61，外形尺寸见表23.4-62。

表23.4-61　QGY系列薄型气缸技术规格

型　　号		QGY、QGYR	QGY(D)、QGY(D)R							
气缸内径/mm		20、25、32、40、50、63、80、100	20	25	32	40	50	63	80	100
耐压力/MPa		1.5								
工作压力/MPa		0.1～1	0.2～1							
使用温度范围/℃		-25～80(但在不冻结条件下)								
最大行程/mm		ϕ20～ϕ25：30；ϕ32～ϕ100：50	ϕ20～ϕ25：30；ϕ32～ϕ40：35；ϕ50～ϕ100：40							
工作介质		经净化干燥压缩空气								
给油		不需要(也可给油)								
最大行程的弹簧	初反力/N		14.5	22.8	32	51.8	72	83.2	115.5	128.7
	终反力/N		48.1	57	102	142.5	216	211.2	247.5	260.7

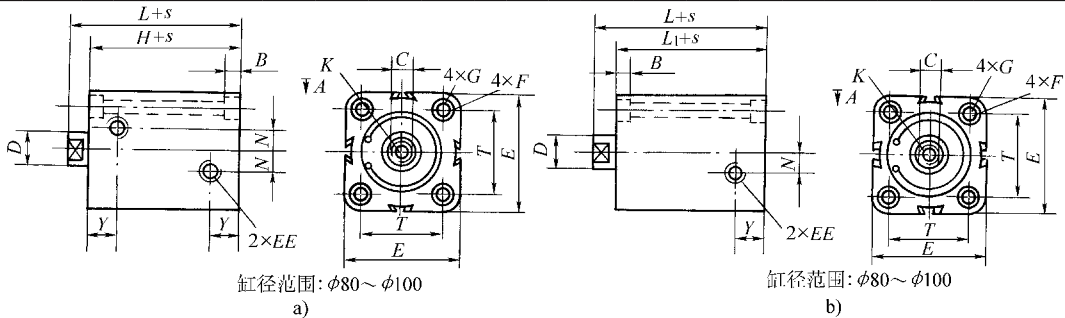
注：生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表23.4-62　QGY系列薄型气缸外形尺寸　　（mm）

缸径范围：ϕ20～ϕ32　　缸径范围：ϕ20～ϕ32

缸径范围：ϕ40～ϕ63　　缸径范围：ϕ40～ϕ63

（续）



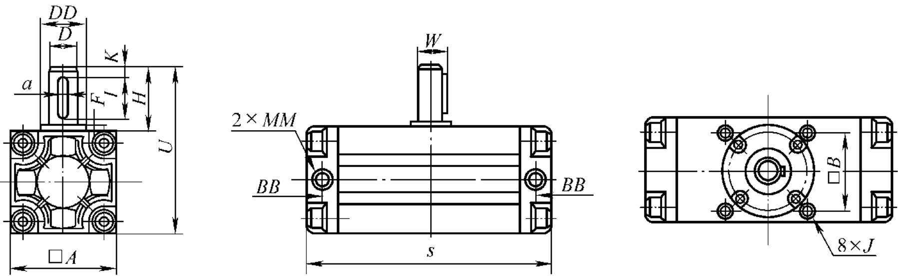
a）QGY 薄型气缸外形图　b）QGY(D)单作用薄型气缸外形图

缸径	E	EA	EB	EE	F	G	B	K	A	D	C	T	N	Y	QGY				QGY(D)			
															H		L		L_1		L	
															基型	R 型	基型	R 型	基型	R 型	基型	R 型
φ20	□37			M5	φ5.5	φ9.5	5.5	M5	7	φ8	7	φ36	4.5	9.5	26	36	29.5	39.5	37	47	40.5	50.5
φ25	□40			M5	φ5.5	φ9.5	5.5	M5	7	φ10	8	φ40	4.5	11	30	36	33.5	39.5	40	46	43.5	49.5
φ32	□45			M5	φ5.5	φ9.5	5.5	M8	12	φ14	12	φ48	4.5	11	30	36	33.5	39.5	40	46	43.5	49.5
φ40	□53	57	28	M10×1	φ5.5	φ9.5	5.5	M8	12	φ14	12	40	5	12	32	38	35.5	41.5	42	48	45.5	51.5
φ50	□64	68	30	M10×1	φ6.6	φ11	6.5	M10	15	φ20	17	50	6	14	37	44	40.5	47.5	48	55	51.5	58.5
φ63	□77	84	35	M12×1.25	φ9	φ14	8.5	M10	15	φ20	17	60	6	16	42	49	45.5	52.5	54	61	60.5	64.5
φ80	□100			M12×1.25	φ11	φ17	16.5	M16	20	φ25	22	77	21	18	47	55	53.5	61.5	63	71	69.5	77.5
φ100	□120			M16×1.5	φ11	φ17	16.5	M16	20	φ25	22	94	29	20.5	52	60	58.5	66.5	68	76	74.5	82.5

1.6.5　摆动气缸

1. QGABS 齿轮齿条式摆动气缸(见表 23.4-63)

表 23.4-63　QGABS 齿轮齿条摆动气缸　(mm)



系列	QGABS-50	QGABS-63	QGABS-80	QGABS-100
缸径/mm	50	63	80	100
工作介质	洁净干燥压缩空气			
工作压力范围/MPa	0.1～0.8			
耐压/MPa	1.2			
环境和介质温度℃	5～60			
摆动角度/(°)	90　180			
润滑	不需要(也可油雾润滑)			
允许动能/N·cm	5.1	12	16	55
摆动时间/(s/90°)	0.2～2	0.2～3	0.2～4	0.2～5

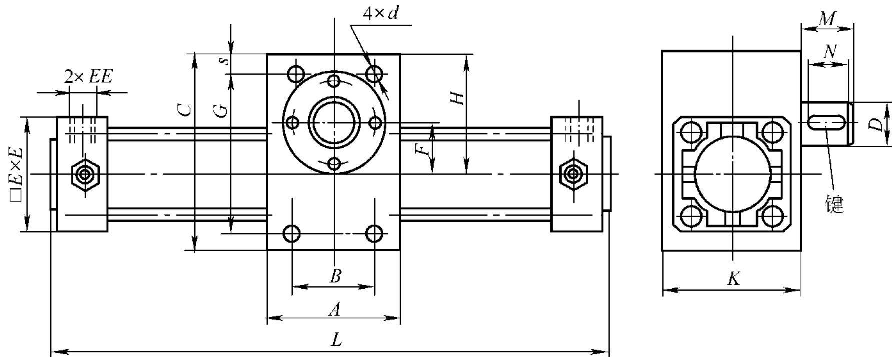
缸径	□A	□B	BB	D	DD	H	U	F	I	K	W	s	J	MM	a
50	65	48	8.5	15	25	36	101	2.5	25	5	17	144(177)	M8 深 8	G1/8	$5^{0}_{-0.030}$
63	80	60	10	17	30	41	121	2.5	30	5	19.5	163(201.5)	M10 深 12	G1/8	$6^{0}_{-0.030}$
80	100	72	12	20	35	50	150	3	40	5	22.5	186(230)	M12 深 13	G1/4	$6^{0}_{-0.030}$
100	124	85	12.5	25	40	60	184	4	45	5	28	245(311)	M12 深 14	G3/8	$8^{0}_{-0.030}$

注：1. 括号内为摆角 180°的尺寸。

2. 生产厂：济南华能气动元器件公司。

2. QGBC2 齿轮齿条式摆动气缸(轴式)(见表23.4-64)

表 23.4-64　QGBC2 齿轮齿条式摆动气缸　(mm)



系　　列	QGBC2-40	QGBC2-50	QGBC2-63	QGBeC2-80	QGBC2-100	QGBC2-125
缸径	40	50	63	80	100	125
理论输出转矩 0.4MPa 时/N·m	7	11	46.7	75.4	117.8	306.8
工作压力/MPa	0.1～1					
旋转角度/(°)	90、180、270、360					
介质温度/℃	-10～80					

缸径	A	B	C	G	K	s	F	H	d	D	E	EE	M	N	L				键(宽×高×长)
															90°	180°	270°	360°	
40	66	40	95	75	66	10	25	58	7	20	54	G1/4	40	36	236	280	324	368	6×6×36
50	67	40	95	75	74	10	26	57	7	20	66	G1/4	48	40	243	287	331	375	6×6×40
63	130	80	160	140	110	10	52.5	118	11	25	76	G3/8	48	40	384	502	620	738	8×7×40
80	130	80	170	140	110	15	52.5	118	11	25	96	G3/8	48	40	402	520	638	756	8×7×40
100	130	80	180	140	120	20	52.5	118	11	35	115	G1/2	58	50	412	530	648	766	10×8×50
125	200	130	245	205	160	20	77.5	165	13	35	140	G1/2	58	50	588	784	981	1178	10×8×50

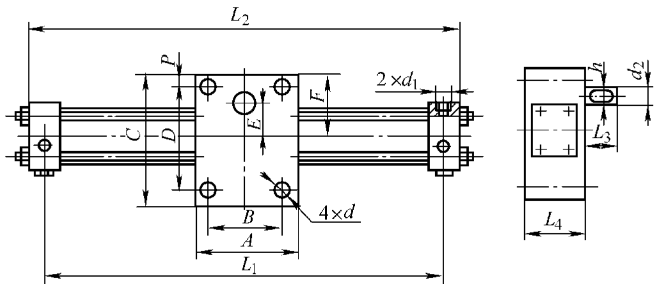
注：生产厂：无锡气动技术研究所。

3. QGKa 系列齿轮齿条式摆动气缸(见表23.4-65)

4. QGK 系列齿轮齿条式摆动气缸(孔式)(见表23.4-66)

5. QGK-1、QGK-2 系列齿轮齿条式摆动气缸(轴式)

表 23.4-65　QGKa 系列齿轮齿条式摆动气缸　(mm)



系　　列	QGKa-32	QGKa-40	QGKa-50
理论输出转矩(以0.4MPa 计算)/(N·m)	4.7	6.3	9.9
工作压为/MPa	0.15～1.0		
旋转角度/(°)	90、180、360		

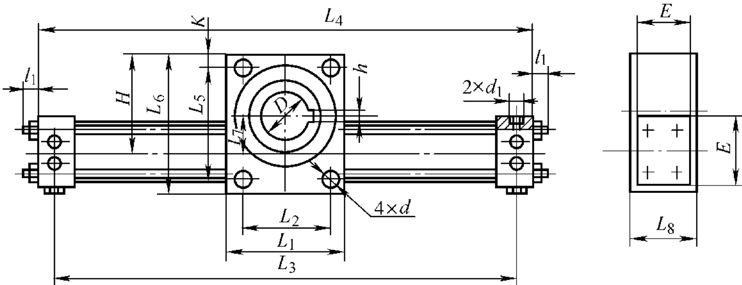
（续）

介质温度/℃	－25 ~ ＋80（在不冻结条件下）								
缸径	32			40			50		
旋转角度/(°)	90	180	360	90	180	360	90	180	360
L_1	202	258	371	209	265	378	213	269	382
L_2	224	280	393	234	290	403	238	294	407
L_3	32			40			48		
L_4	60			66			74		
d	6			7			7		
d_1	M10 × 1			M14 × 1. 5			M14 × 1. 5		
d_2	20			201			20		
A	67			67			67		
B	40			40			40		
C	85			95			95		
D	65			75			75		
h	6			6			6		
P	10			10			10		
E	26			26			26		
F	57			58			57		

注：1. 标注示例：缸径 ϕ40mm，旋转角度为 180°，应写为 QGKa-40 × 180°。

2. 生产厂：烟台未来自动装备有限公司。

表 23. 4-66　QGK 系列齿轮齿条式摆动气缸　（mm）



系　　列	QGK-63			QGK-80			QGK-100			QGK-125		
工作压力/MPa	0. 15 ~ 0. 63											
耐压/MPa	1											
介质温度/℃	－25 ~ 80（在不冻结条件下）											
理论输出转矩（以 0. 4MPa 计算）/N · m	56			90			141			344		
缸径	63			80			100			125		
旋转角度/(°)	90	180	360	90	180	360	90	180	360	90	180	360
L_1	130			130			130			200		
L_2	80			80			80			130		
L_3	376	516	800	376	516	800	376	516	800	532	752	1192
L_4	406	546	830	406	546	830	406	546	830	568	788	1228
L_5	140			140			140			195		
L_6	160			170			180			245		
L_7	52. 5			52. 5			52. 5			77. 5		
L_8	90			100			120			160		

（续）

H	118	118	118	165
K	10	10	10	20
E	80	100	115	145
h	14JS9（±0.021）	14JS9（±0.021）	14JS9（±0.021）	14JS9（±0.021）
l_1	12	16	16	25
d	11	11	11	13
d_1	M18×1.5-6H	M18×1.5-6H	M22×1.5-6H	M22×1.5-6H
D	45H8（$^{+0.039}_{0}$）	45H8（$^{+0.039}_{0}$）	45H8（$^{+0.039}_{0}$）	45H8（$^{+0.039}_{0}$）

注：生产厂：烟台未来自动装备有限公司。

QGK-1系列为中型尺寸（ϕ63～ϕ100）；QGK-2系列为小型尺寸（ϕ20～ϕ40）。该系列齿轮齿条式摆动气缸具有角度微调机构，以实现角度精确定位，并具有缓冲机构和磁性开关，无给油润滑。

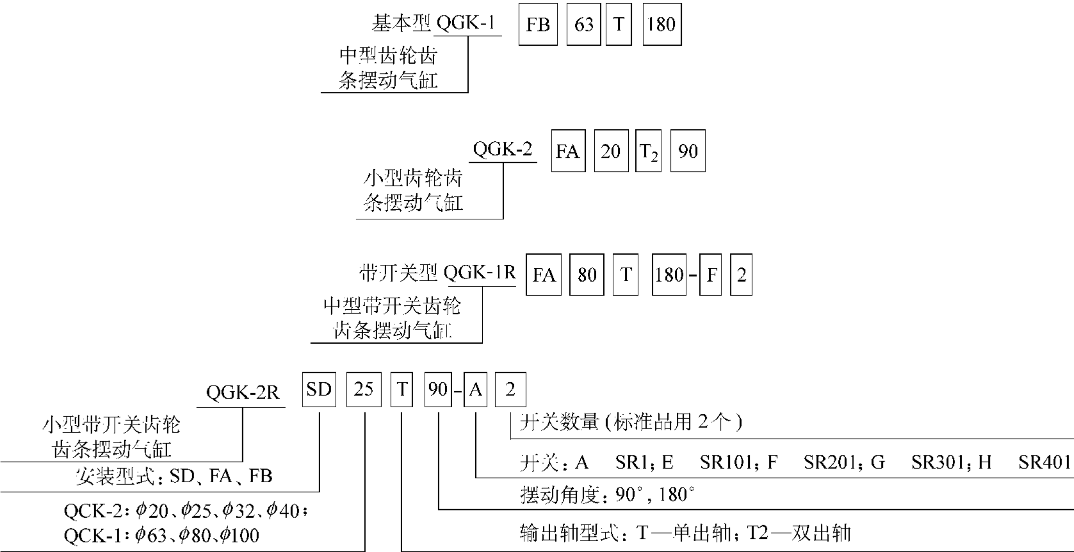
其技术规格及外形尺寸见表23.4-67～表23.4-69。

表23.4-67　QGK-1、QGK-2系列齿轮齿条式摆动气缸技术规格

种　　类	基　本　型	带开关型	基　本　型	带开关型
型号	QGK-1	QGK-1R	QGK-2	QGK-2R
气缸内径/mm	63、80、100		20、25、32、40	
工作压力范围/MPa	0.1～0.7		0.1～1.0	
耐压/MPa	1		1.5	
摆动角度/（°）	90、180			
调整角度/（°）	±5			
额定转矩（0.5MPa时）/N·m	ϕ63：34.3；ϕ80：66.6；ϕ100：120.5		ϕ20：2；ϕ25：2.8；ϕ32：3.5；ϕ40：5.7	
使用温度范围/℃	−25～70（但在不冻结条件下）			
缓冲机构	两侧可调缓冲		单侧可调缓冲	
缓冲角度/（°）	20		ϕ20、ϕ25、ϕ32：35、ϕ40：32	
给油	不给油			

注：1. 生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

2. 型号意义：

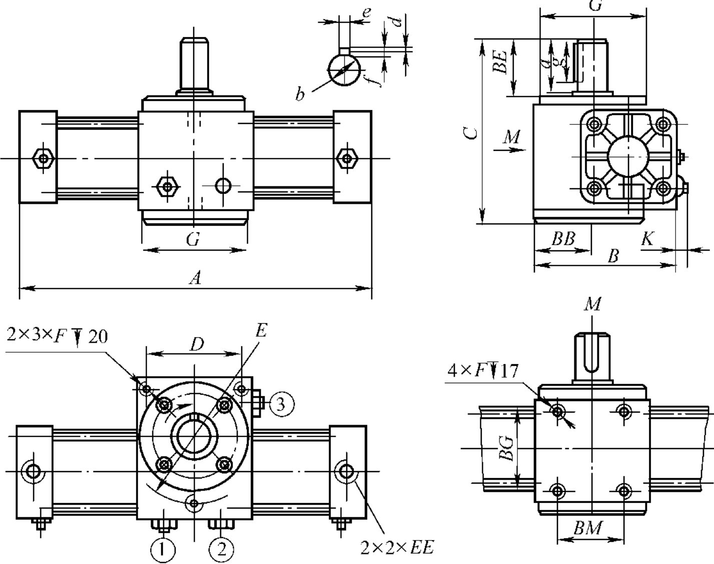


注：开关SR1仅适用于ϕ20～ϕ40小型齿轮条摆动气缸；开关SR101～SR401仅适用于ϕ63～ϕ100中型齿轮齿条摆动气缸。

表 23.4-68　磁性开关参数

型号(带软线 1.5m)		SR101	SR201	SR301	SR401	SR1
使用电压范围/V		DC5 ~50		AC80 ~220		DC5 ~50
使用电流范围/mA	60°以下	6 ~30	25 ~50	0 ~20	2 ~300	3 ~40
	70°	6 ~25	25 ~40			
最大触点容量		1.5W		2 V · A	30V · A	1.5W
动作时间/ms		≤1		≤1		
回复时间/ms		≤1		≤1	≤1	

表 23.4-69　QGK 系列齿轮齿条式摆动气缸外形及安装尺寸　　(mm)

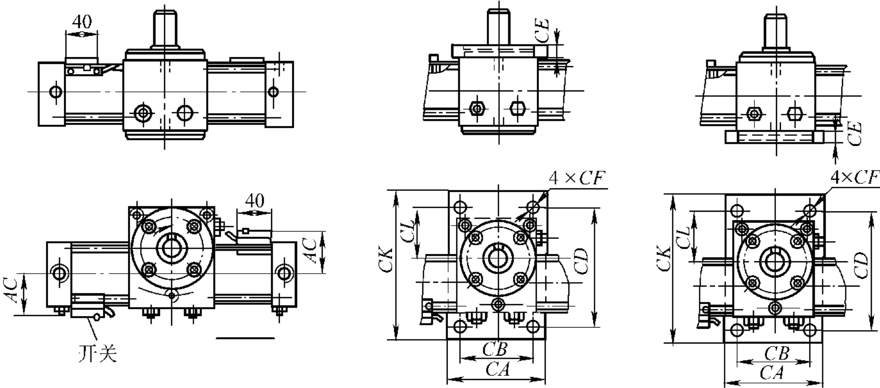


QGK-1T(单出轴标准型)

说明：回转角度调节方法：90°摆动气缸调节①、③螺钉；180°摆动气缸调节①、②螺钉

缸径	A		B	BB	BE	BG	BK	C	D	E	EE	F	G	K	轴尺寸					
	900	180													a	b	d	e	f	g
63	300	370	117	47	47	65	54	152	80	109	ZG3/8	M10	ϕ90	9	42	ϕ25h6	7	8	4	36
80	350	436	143	58	63	72	72	190	100	136	ZG3/8	M12	ϕ114	12	58	ϕ35h6	8	10	5	50
100	364	462	159	58	75	85	72	202	100	136	ZG1/2	M12	ϕ110	12	58	ϕ35h6	8	10	5	50

QGK-1RT 单出轴(带开关型)　　FA 型(上法兰安装)　　FB 型(下法兰安装)



（续）

	QGK-1T2(双出轴)	缸径	*AC*	*CA*	*CB*	*CD*	*CE*	*CF*	*CK*	*CL*	*a*	*g*
QGK-1 型中型齿轮摆动气缸		63	51	120	90	144	14	ϕ13	174	62	42	36
		80	59	150	110	183	16	ϕ13	223	78	58	50
		100	66	150	110	199	16	ϕ13	239	78	58	50

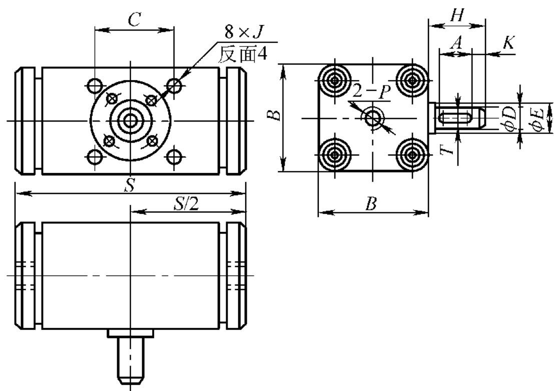
QGK-2 型小型齿轮摆动气缸

型　　号	*A*	*B*	*BB*	ϕD	ϕDD	*J*	*K*	*M*	*Q*	*L*	L_1	□*N*
QGK-2SD20T $\frac{90}{180}$	65	50	35	10	25	M8	3	ZG1/8	31	15	11	□8
QGK-2SD25T $\frac{90}{180}$	77	62	40.5	12	25	M8	4	ZG1/8	36	18	13	□10
QGK-2SD32T $\frac{90}{180}$	89	68	40.5	12	30	M10	4	ZG1/8	44	18	13	□10
QGK-2SD40T $\frac{90}{180}$	108	74	47.6	15	35	M10	5	ZG1/8	52	20	15	□11

型　　号	*S*	*UU*	*W*	*AU*	*BD*	*BE*	*JJ*	键尺寸	
								a	*l*
QGK-2SD20T $\frac{90}{180}$	104	61	11.5	10	—	—	—	$4_{-0.03}^{0}$	20
	130								
QGK-2SD25T $\frac{90}{180}$	114	68	13.5	10	48	14	M5	$4_{-0.03}^{0}$	20
	142								
QGK-2SD32T $\frac{90}{180}$	122	76	13.5	13	51	16	M5	$4_{-0.03}^{0}$	20
	150								
QGK-2SD40T $\frac{90}{180}$	132	89	17	11	57	18	M5	$5_{-0.03}^{0}$	25
	157								

6. LTA 系列方型摆动气缸（见表 23.4-70）

表 23.4-70　LTA 系列方型摆动气缸　　（mm）



系　　列	LTA40	LTA63	LTA80	LTA100
缸径	40	63	80	100
理论输出转矩(压力为 0.4MPa)/N·m	5	16	30	47
摆动角度/(°)	90、180、270			
工作压力/MPa	0.15～0.63			
介质温度/℃	-25～80(在不冻结条件下)			

规格型号 \ 符号、基本参数	A	B	C	D	E	F	H	K	P	S	T	J
LTA40×90°	20	50	38	9	20	2	30	3	M14×1.5	120	3	M6 深 8
LTA40×180°	20	50	38	9	20	2	30	3	M14×1.5	148	3	
LTA40×270°	20	50	38	9	20	2	30	3	M14×1.5	177	3	
LTA63×90°	30	85	60	17	30	2.5	41	5	M18×1.5	158	6	M10 深 13
LTA63×180°	30	85	60	17	30	2.5	41	5	M18×1.5	198	6	
LTA63×270°	30	85	60	17	30	2.5	41	5	M18×1.5	238	6	
LTA80×90°	40	100	72	20	35	3	50	5	M18×1.5	183	6	M12 深 14
LTA80×180°	40	100	72	20	35	3	50	5	M18×1.5	231	6	
LTA80× 270°	40	100	72	20	35	3	50	5	M18×1.5	277	6	
LTA100×90°	45	120	85	20	40	4	60	5	M22×1.5	187	6	M12 深 14
LTA100×180°	45	120	85	20	40	4	60	5	M22×1.5	235	6	
LTA100×270°	4S	120	85	20	40	4	60	5	M22×1.5	281	6	

注：1. 订货标注示例：缸径 D=63mm，旋转角度 180°。应写为：LTA63×180。

2. 生产厂：烟台未来自动装备有限公司。

1.6.6　其他特殊气缸

1. QGCW 系列磁性无活塞杆气缸($\phi20$～$\phi40$)

该系列气缸依靠活塞上的磁环与缸筒外滑动套上的磁环耦合来传递力。因无活塞杆，节约轴向安装尺寸 40%，并可获得超长行程。无外部泄漏，不污染环境，但要防止过载。其技术规格见表 23.4-71，外形尺寸见表 23.4-72。

表 23.4-71　QGCW 系列磁性无活塞杆气缸技术规格

缸径/mm	ϕ20	ϕ25	ϕ32	ϕ40	工作介质	净化、干燥压缩空气			
最大行程/mm	1500	2000	2000	2000	给油	不需要（也可给油）			
工作压力范围/MPa	SD：0.15～0.63；SA、SB：0.2～0.63				缓冲机构	SD：两侧缓冲垫片； SA、SB：两侧缓冲垫片＋缓冲器			
耐压力/MPa	0.945								
使用速度范围/mm·s^{-1}	200～700				磁铁保持力/N≥	220	340	560	880
使用温度范围/℃	－10～80（但在不冻结条件下）				活塞脱开压力/MPa≥	0.7	0.7	0.7	0.7

注：生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23.4-72　QGCW 系列磁性无活塞杆气缸外形尺寸　（mm）

QGCW SD（基本型）

缸径	D	A	B	E	EE	F	G	H	K	L	M	MB	MM	N	Q	SW	W	X	Z
ϕ20	23	6	40	28	ZG1/8	15	8	7	11	62	8	M22×1.5	M5	15	104	30	40	30	134
ϕ25	28	6	45	33	ZG1/8	15	8	7	10	70	8	M22×1.5	M5	15	113	30	50	30	143
ϕ32	32	7	60	40	ZG1/8	16	8	8	15	80	10	M24×2	M6	15	125	32	50	40	157
ϕ40	44	7	70	48	ZG1/4	20	10	9	12	84	10	M30×2	M6	20	139	41	60	40	179

2. CWC 系列磁性无活塞杆气缸（ϕ20～ϕ50）

CWC 系列磁性无活塞杆气缸技术规格见表23.4-73，外形尺寸见表 23.4-74。

3. QGHJ 系列旋转夹紧气缸（ϕ25～ϕ63）

表 23.4-73　CWC 系列磁性无活塞杆气缸技术规格

缸径/mm	ϕ20	ϕ32	ϕ40	ϕ50
最大行程/mm	2000	3000	3500	3500
工作压力/MPa	0.15～0.63			
使用温度范围/℃	－25～80			
运动速度/mm·s^{-1}	50～500			
理论出力（0.4MPa 时）/N	120	320	500	760

注：生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

表 23.4-74　CWC 系列磁性无活塞杆气缸外形尺寸　（mm）

缸径	L	ϕd	ϕD	ϕD_1	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	MM	NN	ϕD_2	P	H	L_7	L_8
50	11	50	52	60	78	103	143.5	58	88	217.5	M8 深 12	M42×1.5	88	M14×1.5	48	20	37

（续）

缸径	L	ϕd	ϕD	ϕD_1	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	MM	NN	ϕD_2	P	H	L_7	L_8
40	11	40	41.6	50	65	89	125.5	50	74	200.5	M6 深 10	M30×1.5	74	M14×1.5	40	20	37.5
32	9	32	33.2	42	57	77	107.5	40	60	173.5	M6 深 8	M24×1.5	60	M10×1	32	20	33
20	7.5	20	21	30	51	71	101.5	31	51	153.5	M5 深 8	M18×1.5	51	M10×1	27	16	26

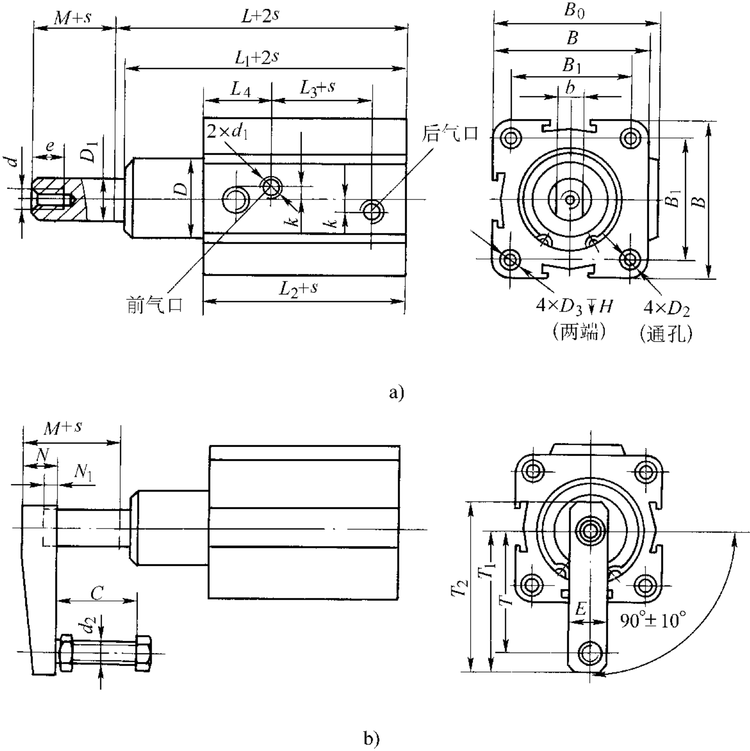
该气缸在活塞杆往复直线运动时，活塞杆同时作顺时针或逆时针方向旋转 90°。非常适用于机床或自动线夹紧作业。其技术规格见表 23.4-75，外形尺寸见表 23.4-76。

表 23.4-75　QGHJ 系列旋转夹紧气缸技术规格

缸径/mm	25	32	40	50	63
工作介质	经净化的压缩空气（可给油或不给油）				
使用温度范围/℃	-25～80（但在不冻结条件下）				
工作压力/MPa	0.1～1				
回转角度/(°)	90±10				
回转方向	左、右				
回转行程/mm	9.5	15		20	
夹紧行程/mm	10～20			20～50	
夹紧力（工作压力=0.5MPa）/N	185	315	540	805	1370

注：生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23.4-76　QGHJ 系列旋转夹紧气缸外形尺寸　（mm）



a）QGHJ 系列基本型（M 为回转行程，s 为夹紧行程）　b）带横臂型

（续）

缸径	L	L_1	L_2	L_3	L_4	B	B_1	B_0	D	D_1	D_2	D_3	T	T_1
φ25	74.5	69.5	56	16.3	25.1	40	28	—	φ20	φ12	φ5.5	φ9.5	35	41.5
φ32	89.5	85	65.5	22.8	28.1	45	34	—	φ22	φ14			43	52
φ40	90.5	85.5	66.5	29	25.5	53	40	57	φ26				47	56
φ50	107.5	101.5	78.5	31.2	30.9	64	50	68	φ36	φ20	φ6.6	φ11	58	68
φ63	110.5	104.5	83	29.6	33.7	77	60	84			φ9	φ14	64	74

缸径	T_2	d	d_1	d_2	e	k	b	H	E	C	N	N_1	M	s
φ25	50	M6	ZG1/8	M6	10	4.5	10	5.5	15	15	14	3	9.5	10～20
φ32	62	M8		M8	13	7	12		18	28	17	3.5	15	
φ40	66					5								
φ50	80	M10		M10	20	—	17	6.5	20	36	20	4	20	20～50
φ63	86		ZG1/4			—		8.6		41				

4. QGBH系列夹紧气缸（φ40～φ63）

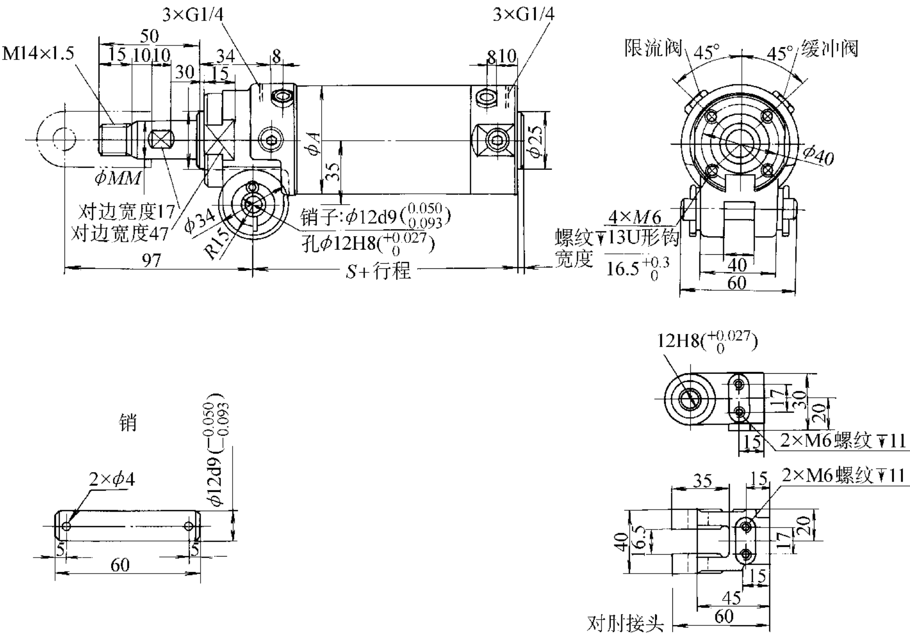
该系列气缸适合于汽车车身焊接车间工装用夹紧元件。技术规格见表23.4-77，外形尺寸见表23.4-78。

表23.4-77　QGBH系列夹紧气缸技术规格

缸径/mm	40	50	63	润滑	不需要（也可油雾润滑）
耐压/MPa	1.2			标准行程/mm	50、75、100、125、150
工作压力范围/MPa	0.1～0.8			安装固定型式	双铰耳
环境及介质温度/℃	5～60			接口尺寸	G1/4
活塞速度/mm·s^{-1}	50～500				

注：生产厂：济南华能气动元器件公司。

表23.4-78　QGBH系列夹紧气缸外形尺寸　　　　（mm）



缸径	φMM	S	φA
φ40	16	113	54

（续）

缸径	ϕMM	S	ϕA
$\phi50$	22	113	62
$\phi63$	22	115	72

5. JQGB 系列夹紧气缸（$\phi40\sim\phi80$）

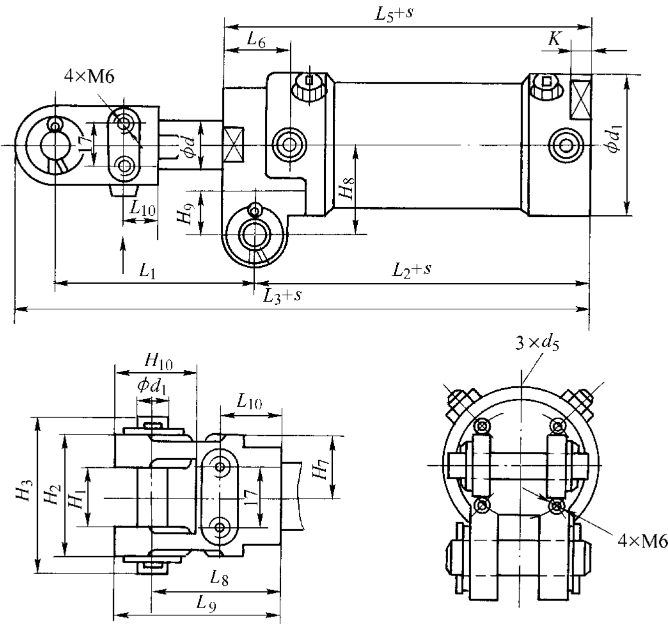
JQGB 系列夹紧气缸技术规格见表 23.4-79，外形尺寸见表 23.4-80。

表 23.4-79　JQGB 系列夹紧气缸技术规格

缸径/mm	$\phi40$	$\phi50$	$\phi63$	$\phi80$	耐压/MPa	1.5
行程范围/mm	50～500				工作温度/℃	-10～60
工作压力/MPa	0.15～1.00				润滑	油雾润滑

注：生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

表 23.4-80　JQGB 系列夹紧气缸外形尺寸　（mm）



缸径	L_1	L_2	L_3	L_5	L_6	L_8	L_9	L_{10}	H_1	H_2	H_3	H_7	H_8	H_9	H_{10}	ϕd	ϕd_1	ϕd_3	ϕd_4	ϕd_5	K
40	97	97	209	126	35	45	60	15	16.5	40	60	20	35	19	35	20	12	40	60	G1/4	10
50	97	98	210	127	35	45	60	15	16.5	40	60	20	35	19	35	20	12	40	60	G1/4	10
63	97	102	214	131	34	45	60	15	16.5	40	60	20	35	19	35	20	12	40	75	G1/4	10
80	110	129	259	149	40	71	91	34	28	55	75	24	50	23	47	25	18	44	95	G3/8	13

6. QGJ 系列夹紧气缸（$\phi40\sim\phi63$）

QGJ 系列夹紧气缸技术规格见表 23.4-81，外形尺寸见表 23.4-82。

表 23.4-81　QGJ 系列夹紧气缸技术规格

缸径/mm	$\phi40$	$\phi50$	$\phi63$	使用温度范围/℃	-5～60
最大行程/mm	50，75，100，125，150			工作介质	空气
工作压力/MPa	0.05～1.0				

注：生产厂：无锡市华通气动制造有限公司。

表 23.4-82　QGJ 系列夹紧气缸外形尺寸　　（mm）

缸径	F	GA	GB	H	ϕIA	ϕIB	L	N	S	W	WC	WS	ZZ
40	44	32	10	52	52	47	97	52	55	5	34	44	208
50	55	32	10	52	60	58	97	49	58	7	38	39	208
63	69	34	12	52	74	72	97	49	58	5.5	44	45	208

7. QGSJ 系列锁紧气缸（$\phi40\sim\phi100$）

该系列气缸可实现行程中间任一位置锁紧定位，安全可靠，重复精度高。技术规格见表 23.4-83，外形尺寸见表 23.4-84。

表 23.4-83　QGSJ 系列锁紧气缸技术规格

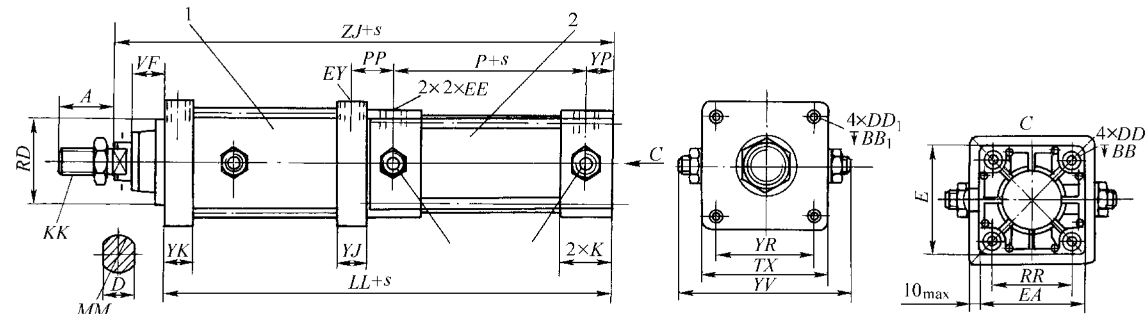
缸径/mm		$\phi40$	$\phi50$	$\phi63$	$\phi80$	$\phi100$
最大行程/mm		800			1000	
工作介质		干燥，洁净压缩空气				
工作压力范围/MPa		0.35～1.0				
工作介质温度/℃		−25～60（在不冻结条件下）				
工作速度范围/mm·s^{-1}		50～300				
制动方向		双向				
锁紧释放压力/MPa		≥0.35	≥0.4	≥0.4	≥0.45	≥0.4
重复定位精度/mm		≤±2（在最大速度、最大搬送载荷下）				
最大搬送载荷/N		340	530	850	1380	2150
作用力/N 按 $\eta=0.8$ $p=0.5$MPa	推力	502	769	1221	1970	3078
	拉力	422	620	1072	1778	2886

注：生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

8. SJB 系列前（后）端锁定气缸（$\phi63\sim\phi100$）

SJB 系列前（后）端锁定气缸技术规格见表 23.4-85，外形尺寸见表 23.4-86。

表 23.4-84　QGSJ 系列锁紧气缸外形尺寸　(mm)



1—制动缸　2—动力缸

缸径	A	BB	BB_1	D	DD	DD_1	E	EA	EE	EY	K	KK	LL
ϕ40	24	8	8	13	M6	M6	50	50	ZG1/4	ZG1/4	32	M12×1.25	221
ϕ50	32	8	9	19	M6	M8	62	62	ZG1/4	ZG1/4	32	M16×1.5	231
ϕ63	32	9	11	19	M8	M10	75	76	ZG3/8	ZG3/8	32	M16×1.5	243
ϕ80	40	13	13	22	M10	M10	94	94	ZG3/8	ZG3/8	38	M20×1.5	284
ϕ100	40	14	14	22	M10	M10	112	112	ZG1/2	ZG1/2	38	M20×1.5	318

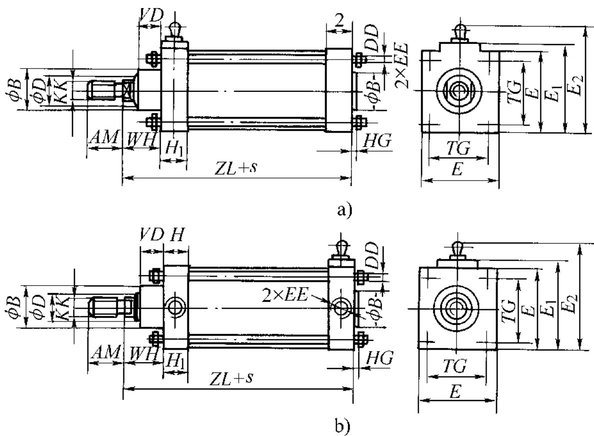
缸径	MM	P	PP	RD	RR	VF	YJ	YK	YP	YR	YV	TX	ZJ
ϕ40	ϕ16	58	34.5	ϕ38.5	□37	10	28	22	17.5	□47	88	62	246
ϕ50	ϕ22	58	35	ϕ38.5	□47	10	30	26	17.5	□56	99	75	256
ϕ63	ϕ22	61	38	ϕ46.5	□56	16	35	32	17.5	□70	114	93	274
ϕ80	ϕ25	65	39.5	ϕ58	□70	8	36	36	21.5	□90	135	115	308
ϕ100	ϕ25	65	39.5	ϕ58	□84	8	36	36	21.5	□110	160	138	342

表 23.4-85　SJB 系列气缸技术规格　(mm)

缸径 D/mm	63	80	100	理论作用力/N	推力	1246	2010	3140
工作压力/MPa	0.3～1			(以0.4MPa计算)	拉力	1050	1688	2819
介质温度/℃	-25～80(在不冻结条件下)			最大许用负载/N	前自锁	525	850	1410
最低开锁压力/MPa	0.2	0.2	0.2		后自锁	525	850	1410
行程范围/mm	≥100～≤500	≥110～≤600	≥110～≤600					

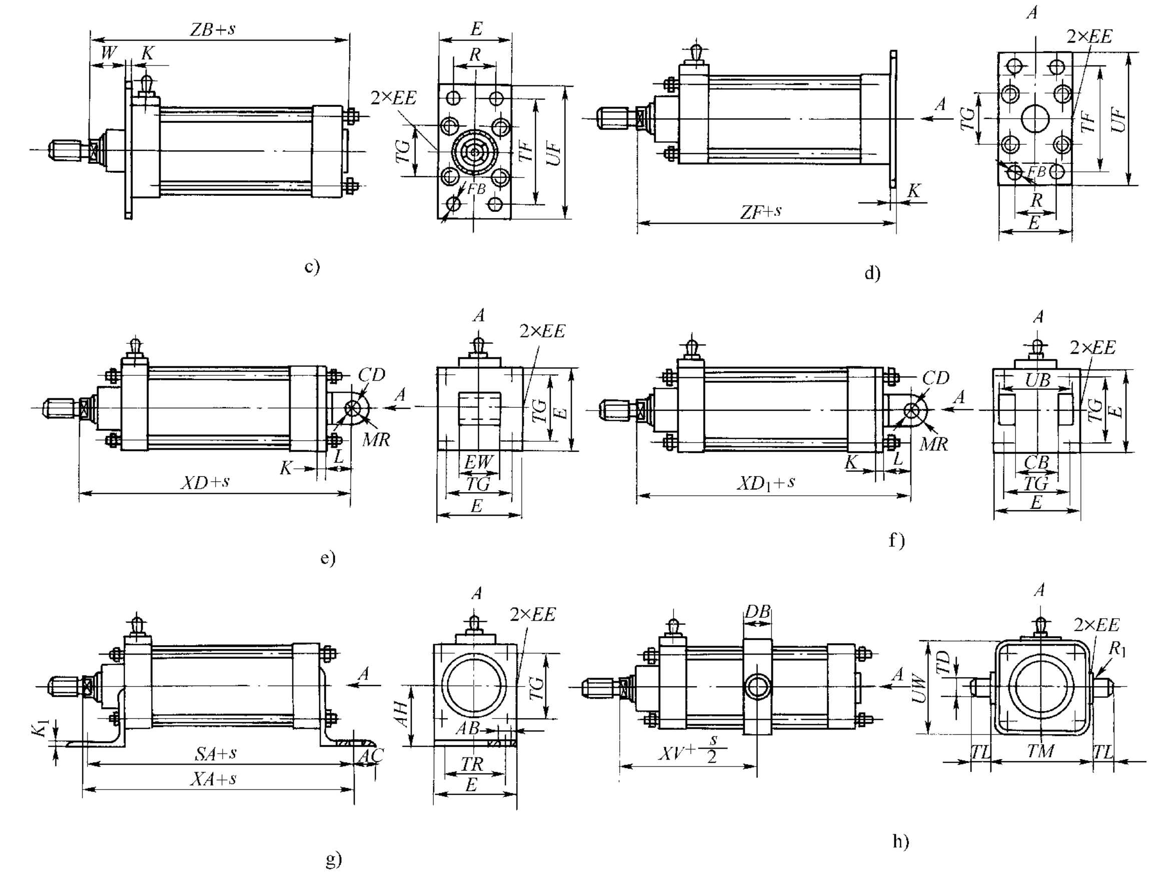
注：生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

表 23.4-86　SJB 系列气缸外形尺寸　(mm)



a）前自锁气缸(SJBⅠ)　b）后自锁气缸(SJBⅡ)

（续）



c）前法兰式 MF_1　d）后法兰式 MF_2　e）尾部单耳式 MP_4　f）尾部双耳式 MP_2　g）脚架式 MS_1　h）中间摆动式 MT_4

缸径	KK	φD	φB	EE	DD	AM	WH	ZL		HG	TG	E	ZB	VD
								Ⅰ	Ⅱ					
φ63	M16×1.5	25	45	M18×1.5	M8	32	37	188	188	3	60	80	191	25
φ80	M20×1.5	32	55	M18×1.5	M10	40	46	199	199	4	75	100	203	33
φ100	M20×1.5	32	55	M22×1.5	M10	40	51	214	214	4	90	115	218	34

缸径	W	UF	T	R	FB	K	ZF	EW (b12)	CD (H9)	MR	L	XD XD_1	UB	CB (H12)	H
φ63	25	125	100	50	9	12	200	40	16	15	20	220	70	40	30
φ80	30	155	126	63	12	16	215	50	16	15	20	235	90	50	35
φ100	35	180	150	75	14	16	230	60	20	20	25	255	110	60	35

缸径	AH	TR	AB	SA	XA	AC	K_1	UW	TD	R_1	TL	TM	XV		DB	E_1	EZ	H_1
													Ⅰ	Ⅱ				
φ63	50	50	9	215	220	13	6	85	20	1.5	20	90	127.5	97.5	35	124	156	60
φ80	63	63	12	235	240	19	8	105	20	1.5	20	110	145	110	35	140	175	60
φ100	71	75	14	245	255	19	8	126	25	2	25	132	155	120	45	147	185	60

9. AV 系列短行程气缸（φ8～φ63）

AV 系列短行程气缸技术规格见表 23.4-87，外形尺寸见表 23.4-88。

10. QGV 系列薄膜气缸（φ140～φ160）

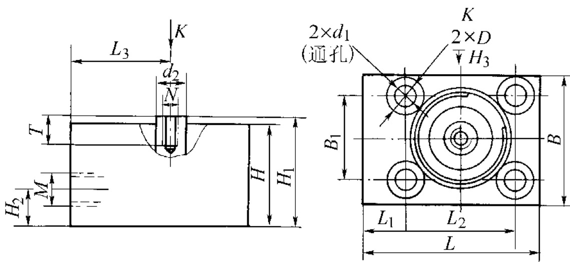
QGV 系列薄膜气缸技术规格见表 23.4-89，外形尺寸见表 23.4-90。

表 23.4-87　AV 系列短行程气缸技术规格

缸径/mm	ϕ8	ϕ12	ϕ20	ϕ32	ϕ50	ϕ63
工作压力范围/MPa	0.1～0.8			0.2～0.8		
工作行程/mm	4			5	10	
工作介质	洁净压缩空气					
使用温度范围/℃	-10～70					
理论推力/N(压力为 0.5MPa 时计算)	25	56	157	402	982	1558
连接螺纹	M5×0.8		G1/8	G1/4		

注：生产厂：济南华能气动元器件公司。

表 23.4-88　AV 系列短行程气缸外形尺寸　　(mm)



型　号	L	L_1	L_2	L_3	B	B_1	H	H_1	H_2	T	d_1	D	H_3	d_2	N	M
AV8-4	20	5.5	—	13.5	18	11	16	17	5	—	3.4	6	3.4	4	—	M5
AV12-4	25	7	—	16	20	13	16	17	6	—	3.4	6	3.4	5	—	M5
AV20-4	40	9	—	24	32	20	20	21	9.5	8	5.5	10	5.7	10	M5	G1/8
AV32-5	55	14	—	32	45	32	33	34	9.5	12	5.5	10	5.7	10	M6	G1/4
AV50-10	80	22.5	50	47.5	65	50	30	31	11	12	6.6	11	6.8	16	M8	G1/4
AV63-10	90	19	62	50	80	62	35	36	11	14	9	15	9	16	M8	G1/4

表 23.4-89　QGV 系列薄膜气缸技术规格

当量缸径/mm	140	160
活塞杆直径/mm	32	32
工作行程/mm	45	50
工作压力/MPa	0.1～0.63	
耐压力/MPa	0.954	
使用温度范围/℃	-10～80（但在不冻结条件下）	

工作介质		经净化的压缩空气	
气缸推力/N (p=0.5MPa)	行程起点	7716	9810
	行程终点	5648	7198
弹簧初反力/N		84.4	120
弹簧终反力/N		180	230

注：生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23.4-90　QGV 系列薄膜气缸外形尺寸　　(mm)

缸　径	140	160
A	194.5	221
B	85	85
C	120	120
D	ϕ186	ϕ206

注：最大行程 = 工作行程 ÷0.8。

11. CTA 系列伸缩气缸（ϕ80～ϕ125）

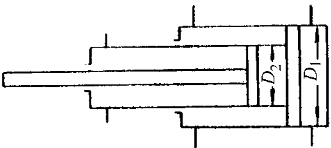
CTA 系列伸缩气缸技术规格见表 23.4-91，外形尺寸见表 23.4-92。

12. QGNZ 系列气液阻尼缸（ϕ32～ϕ100）

该系列气液阻尼缸具有优异的低速调节性能。技术规格见表 23.4-93，外形尺寸见表 23.4-94。

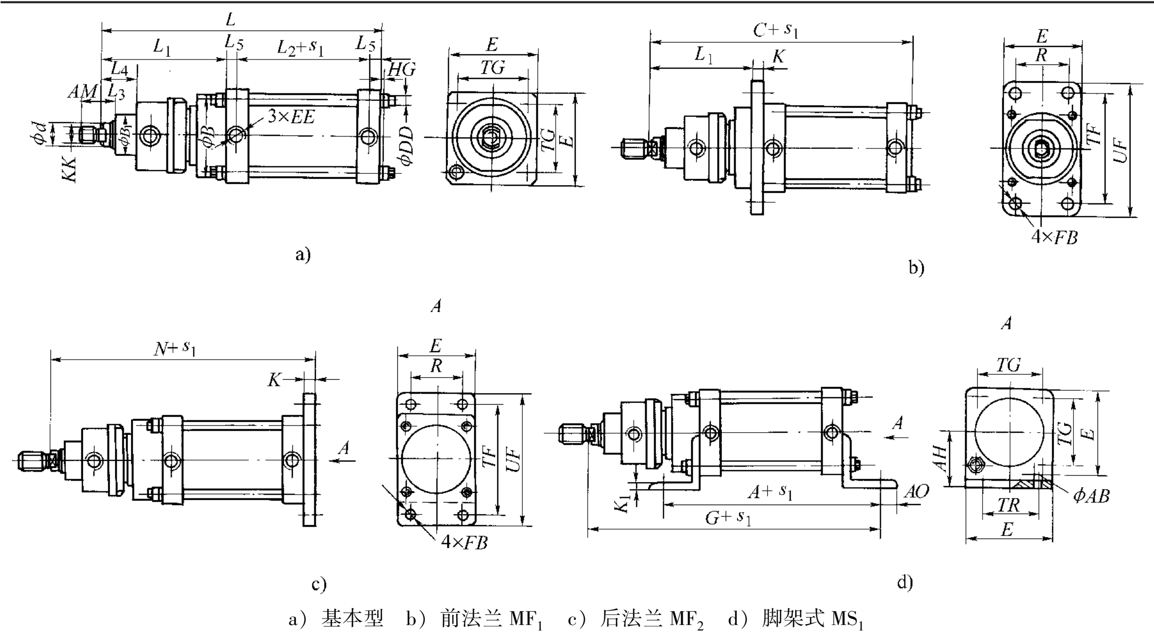
表 23.4-91　CTA 系列伸缩气缸技术规格

缸径 D_1/D_2		80/50	100/63	125/80
工作压力/MPa		0.15～1		
介质温度/℃		-25～80（在不冻结条件下）		
理论作用力/N（以 0.4MPa 计算）	推力	785	1246	2010
	拉力	589	1050	1688



注：生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

表 23.4-92　CTA 系列伸缩气缸外形尺寸



a）基本型　b）前法兰 MF_1　c）后法兰 MF_2　d）脚架式 MS_1

缸径	KK	d	EE	AM	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	E	TG	L_6	B	B_1	HG	DD	（m）
80/50	M16×1.5	25	M18×1.5	32	230	142	63	20	41	12.5	100	75	16	85	45	4	10	98
100/63	M16×1.5	25	M22×1.5	32	270	162	78	20	43	15	115	90	16	105	45	4	10	118
125/80	M20×1.5	32	M22×1.5	40	310	185	90	20	54	17.5	145	112	20	125	55	4	12	136

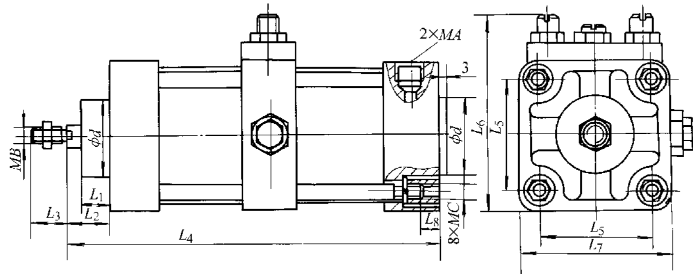
缸径	C	N	K	R	TF	UF	FB	A	G	AO	AH	AB	TR	K_1
80/50	234	246	16	63	126	155	12	170	271	19	63	12	63	8
100/63	274	286	16	75	150	180	14	190	311	19	71	14	75	8
125/80	314	330	20	90	180	215	16	215	355	25	90	16	90	8

表 23.4-93　QGNZ 系列气液阻尼缸技术规格

缸径/mm	32	40	50	63	80	100	工作介质	干燥净化的压缩空气
使用压力范围/MPa	0.25～1.0						阻尼介质	YA-N32 液压油
耐压/MPa	1.5						适用温度/℃	0～60
速度调节范围/$mm \cdot s^{-1}$	0～100							

注：生产厂：济南华能气动元器件公司。

表 23.4-94　QGNZ 系列气液阻尼缸外形尺寸　（mm）



缸径	MA	φd	MB	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6 max	L_7	MC	L_8
32	M10	$\phi26^{-0.11}_{-0.194}$	M10×1.25	16	26	22	205+2s	35	65	50	M6	7
40	M14×1.5	$\phi30^{-0.11}_{-0.194}$	M12×1.5	21	30	24	220+2s	40	71	55	M6	7
50	M14×1.5	φ34	M16×1.5	25	35	32	237+2s	47	85	64	M6	7
63	M18×1.5	φ40	M16×1.5	25	37	32	259+2s	58	100	80	M8	10
80	M18×1.5	φ44	M20×1.5	30	46	40	271+2s	72	122	97	M10	10
100	M22×1.5	φ44	M20×1.5	35	51	40	300+2s	88	143	115	M10	10

注：以上为基本型连接尺寸，根据用户需要，基本型可带前、后法兰，轴向底座，单、双耳轴座等安装连接型式。

13. QGCH 系列冲击气缸（φ50～φ100）

QGCH 系列冲击气缸技术规格见表 23.4-95，外形尺寸见表 23.4-96。

14. ZG 系列振动气缸（φ63～φ100）

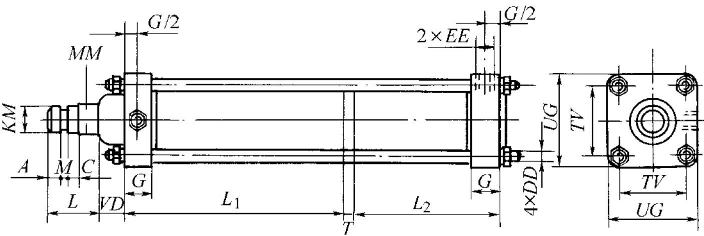
ZG 系列振动气缸，接通气源即可实现振动动作，振动力大，效果好。应用于机械、建材、包装等行业。技术规格见表 23.4-97，外形尺寸见表 23.4-98。

表 23.4-95　QGCH 系列冲击气缸技术规格

缸径/mm	φ50	φ63	φ80	φ100	冲击吸收功/J	14.7	31.6	69	143
冲程/mm	110	125	160	200	冲击效率(%)	7.4	8.0	8.5	9
冲程系数 k	0.47	0.48	0.50	0.51	最高使用压力/MPa	1			
冲击频率/(次/min)	70	60	50	40	环境温度/℃	5～80			

注：生产厂：济南华能气动元器件公司。

表 23.4-96　QGCH 系列冲击气缸外形尺寸　（mm）



缸径	A	M	C	G	L	L_1	L_2	T	DD	EE	UG	TV	VD	KM	MM
φ50	9.5	6	8.5	28	37	191	124	7	M8	G1/8	67	48	21	φ19	φ20
φ63	10	6	9	28	45	220	154	7	M10	G1/4	80	60	21	φ24	φ25
φ80	13	7	10	28	50	255	189	13	M10	G3/8	95	75	31	φ30	φ32
φ100	15	8	17	40	55	317	241	13	M12	G1/2	115	90	31	φ38	φ40

表 23.4-97 ZG 系列振动气缸技术规格

缸径/mm	工作压力/MPa	工作温度/℃	振动频率(最高)/(次/min)(压力为0.6MPa时)	振动力(最大)/N(压力为0.6MPa时)
63	0.2~1.0	-25~80	1500	5000
80			1200	6500
100			1200	8000

生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

表 23.4-98 ZG 系列振动气缸外形尺寸 (mm)

缸径	L	H	UF	E	TF	R	FB	K
ϕ63	187	170	150	90	120	60	13	12
ϕ80	192	190	180	110	150	80	17	16
ϕ100	198	210	200	130	170	100	17	16

15. QGZY 系列直压式气-液增压缸(ϕ80~ϕ160)

该系列增压缸技术规格见表 23.4-99，外形尺寸见表 23.4-100。

表 23.4-99 QGZY 系列气-液增压缸技术规格

型　　号	QGZY-80/32×130	QGZY-160/32×130
工作介质	含有油雾的净化压缩空气	
输出介质	过滤精度不大于50μm 的 HJ30~HJ50 号机械油	
介质温度环境温度/℃	5~50	
使用空气压力范围/MPa	0.2~0.8	
增压比性能	工作气压在0.2~0.8MPa 输出 p_1 的油压误差范围±10%	
输出压力油量/cm^3	100	100
增压比	6.25:1	25:1

注：1. 生产厂：广东肇庆方大气动有限公司。

2. 型号意义：

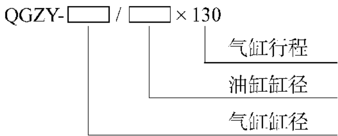


表 23.4-100 QGZY 系列气-液增压缸外形尺寸 (mm)

（续）

型　　号	L	L_1	L_2	L_3	H	H_1	B	B_1	M	M_1	F	d
QGZY-80/32×130	405	288	205	310	160	155	94	70	ZG3/8	G1/2	14	φ13
QGZY-160/32×130	452	288	200	332	252	242	178	134	ZG3/8	G1/2	14	φ22

1.7　FESTO 公司气缸产品

德国 FESTO 公司是世界著名的气动元件及气动控制系统的生产公司。在气动比例技术、气动伺服技术（定位精度±0.2mm）、现场总线接口可编程的阀岛（智能型阀岛）、模块化的气动机械手等方面都有相关产品提供。

FESTO 气动执行元件分类与产品见表 23.4-101。

表 23.4-101　FESTO 气动执行元件分类与产品

				分　　类	产　　品
气缸	通用类气缸	直线运动	单作用气缸	1）微型气缸 EG	EG：φ2.5～φ6，L5～25
				2）螺纹气缸 EGZ	EGZ：φ6～φ16，L5～15
				3）矩形气缸 EZH	EZH：1.6/6.5～10/40，L10～50
				4）多面安装气缸 EMM	EMM：φ10～φ32，L5～50
				5）ISO 6432 标准单作用小型气缸 ESN，ESNU	ESN，ESNU：φ8～φ25，L10～50 ESNU：φ8～φ40，L10～50 ESW：φ32～φ63，L10～50
				6）膜片夹紧气缸 EV	EV：φ12～φ63，10/30～20/80，L3～5
				7）气囊式气缸 EB	EB：外径 φ145～φ250，L60～85
				8）气动肌腱 MAS	MAS：φ10～φ40，L30～10000
			双作用气缸	1）ISO 6432 标准双作用小型气缸 DSN，DSNU…	DSNU：φ8～φ63，L10～320 DSN、DSNU：φ8～φ25，L10～500
				2）ISO 6431 标准双作用中型气缸 DNC	DNC：φ32～φ125，L10～2000
				3）ISO 1555/DIS 标准（草案）双作用中、大型气缸 DNG	DNG：φ32～φ320，L≤1250
				4）紧凑型气缸 ADVC、ADVU	ADVC、AEVC：φ4～φ100，L2.5～25 ADVU、AEVU、ADVUT、ATVUP：φ12～φ125，L1～400
				5）多面安装气缸 DMM	DMM：φ10～φ32，L5～50
				6）活塞杆防回转气缸	
				① 方形、六角形活塞杆 DNC…Q、ADVULQ	DNC…Q：φ32～φ125，L10～2000 ADVULQ：φ12～φ125，L1～400
				② 活塞杆导向 ADVUL	ADVUL：φ12～φ125，L1～400
				③ 椭圆活塞杆气缸 DZF、DZH	扁平气缸 DZF：φ12～φ63，L10～320 DZH：φ16～φ63，L10～1000
				7）锁紧活塞杆气缸 DNC-…KP	DNC-…KP：φ32～φ125，L10～2000
				8）无活塞杆气缸	
				① 磁耦合 DGO	DGO：φ12～φ40，L10～4000
				② 滑块型 DGP、DGPL	DGP、DGPL：φ8～φ80，L10～3000
				③ 带止动的制动无杆气缸 DGPL…KV/KH	DGPL：φ18～φ40，L10～2160
				④ 内置位移传感器无杆气缸 DGPIL	DGPIL：φ25～φ63，L180～1600
				9）倍力气缸 ADVUT	ADVUT：φ12～φ125，L1～150

（续）

				分　类	产　品
气缸	通用类气缸	直线运动	双作用气缸	10）多位气缸 ADVUP	ADVUP：ϕ25～ϕ100，L1～2000
				11）气液阻尼缸 YD，YZL	YD：0.03～6m/min，L70～250 YZL：0.03～6m/min，L80～250
				12）带阀气缸 DNC	DNC：ϕ32～ϕ125，L1～2000
		摆动气缸		1）叶片式 DSM，DSR	DSM：ϕ6～ϕ40，α=0～270° DSR：ϕ10～ϕ40，α=0～180°
				2）齿轮齿条式 DRQ，DRQD	DRQ：ϕ16～ϕ100，α=0～360° DRQD：ϕ6～ϕ32，α=0～360°
				3）直线摆动组合式 DSL	DSL：ϕ16～ϕ32，L25～160，α=0～270°
导向驱动装置	直线驱动单元			1）导向装置单元 FEG、FENG…	FEG、FENG：ϕ8～ϕ100，L1～500 SLE、SLZ、SLM：ϕ10～ϕ50，L10～1500
				2）高精度导杆气缸 DFP	DFP：ϕ25～ϕ80，L25～500
				3）中型导向驱动器(短行程)DFM	DFM：ϕ12～ϕ100，L10～200
				4）带导轨无杆气缸	
				① 带止动的制动无杆气缸 DGPL	DGPL：ϕ18～ϕ40，L10～3000
				② 内置位移传感器无杆气缸 DGPIL	DGPIL：ϕ25～ϕ40，L180～2000
	模块化系统装置	模块化驱动单元		1）微型导向驱动器(活塞杆运动)DFC	DFC：ϕ4～ϕ40，L5～30
				2）小型滑块驱动器(缸体运动)SLT，SLF…	SLT、SLF、SLS：ϕ6～ϕ25，L5～100
				3）超长行程滑块驱动器 SLG	SLG：ϕ8～ϕ18，L100～900
				4）双活塞式导向单元	
				① 双活塞气缸 DPZ	DPZ：ϕ10～ϕ32，L10～100
				② 双活塞滑台 SPZ	SPZ：ϕ10～ϕ50，L10～100
		气动机械手	驱动部件	1）直线坐标气缸 HMP	HMP：ϕ16～ϕ32，L50～400
				2）带导轨的无杆气缸 DGPL	
				3）小型滑块驱动器(短行程)SLT、SLF、SLS	
				4）双活塞齿轮齿条摆动气缸 DRQD	DRQD：ϕ6～ϕ32，α=0～360°
				5）气爪	
				① 微型气爪 HGWM	打开 HGWM…EO；合拢 HGWM…EZ：8～12
				② 平行气爪 HGP　③ 旋转气爪 HGR	HGP：ϕ6～ϕ35；HGR：ϕ10～ϕ40
				④ 摆动气爪 HGW　⑤ 三点气爪 HGD	HGW：ϕ10～ϕ40；HGD：ϕ16～ϕ50
				6）模块真空吸盘，气爪 ESG	ESG：ϕ2～ϕ200
				7）真空吸盘 VAS、VASB	VAS：ϕ1～ϕ125，VASB：ϕ8～ϕ125
				8）真空发生器 VADM、VADMI	VADM、VADMI：喷嘴直径：0.45～3.0；最大真空度：-0.083MPa
			框架构件	1）立柱 HMBS	
				2）重载导轨 HD	
				3）角度转接板 HMSVS-1…；HMXY-1	
				4）辅件 HMBS…DB；HMZV…；	
特殊用途气缸				1）不锈钢气缸 CRDSNU…；SRDSNU…；CRDNGS…	耐腐蚀气缸 ISO 6432 国际标准气缸 CRDSNU：ϕ12～25，L10～500
					双作用气缸 CRDG：ϕ32～63，L1～500，CRDSW：ϕ32～63，L1～500
					ISO 6431 国际标准气缸 CRDNG：ϕ32～100，L10～2000，CRDNGS：ϕ32～125，L10～2000
				2）止动气缸 STA…；STAF…	STA，STAF：ϕ20～80，L15～2000

1.7.1　ESNU、DSNU 系列单、双作用小型气缸

(1) 技术规格(见表 23.4-102)

(2) 外形尺寸(见表 23.4-103)

(3) 安装尺寸(见表 23.4-104)

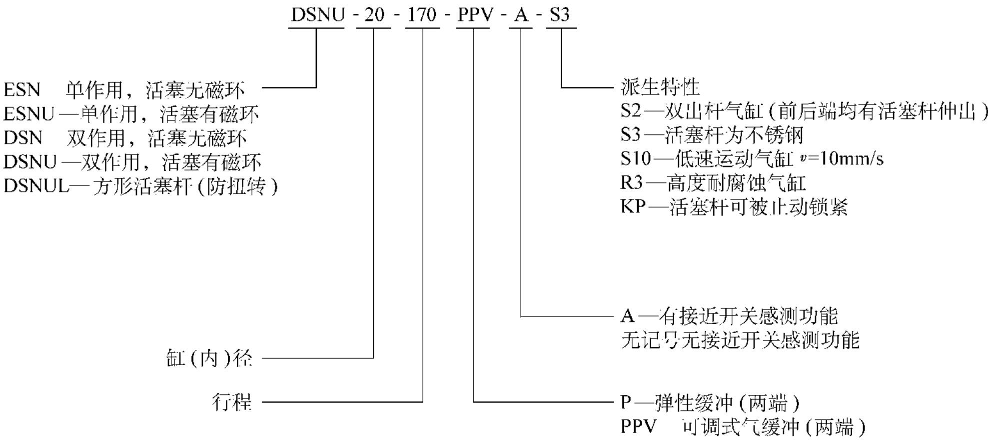
表 23.4-102　ESNU、DSNU 系列单、双作用小型气缸技术规格

缸径/mm		8	10	12	16	20	25
接管螺纹		M5				G⅛	
单作用气缸行程/mm	最小	10					
	最大	50					
双作用气缸行程/mm	最小	10					
	最大	100		200		320	500
工作介质		经过滤的压缩空气(有无润滑均可)①					
耐压/MPa		1.5					
最高工作压力/MPa		1.0					
温度范围/℃		-20~80					
活塞速度/mm·s⁻¹		50~500					
缓冲型式		弹性缓冲，可调式气缓冲					
接近开关		开关：SMEO/SMTO-4U 支架 SMBR					

缸径/mm	型号	单作用气缸弹簧复位力/N 行程 10mm min	行程 10mm max	行程 25mm min	行程 25mm max	行程 50mm min	行程 50mm max
8	ESN	4.1	4.3	3.8	4.3	3.2	4.3
	ESNU	4.9	5.4	4.1	5.4	3.3	5.4
10	ESN	5.7	6	5.1	6	4.2	6
	ESNU	4.9	5.4	4.1	5.4	3.3	5.4
12	ESN	6.4	6.8	5.8	6.8	4.9	6.8
	ESNU		7	5.5	7	4	7
16	ESN ESNU	13.2	14.1	11.9	14.1	9.8	14.1
20	ESN ESNU	18.2	19.5	16.5	19.5	13.5	19.5
25	ESN ESNU	23	24	21.2	24	17.8	24

① 大于 500mm/s 时需使用过滤、润滑的压缩空气。

注：1. 型号意义：



2. 接近开关说明

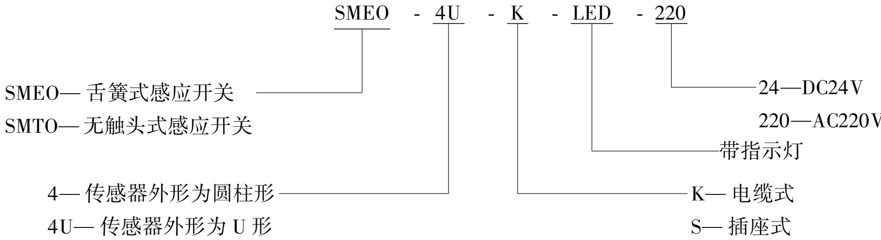
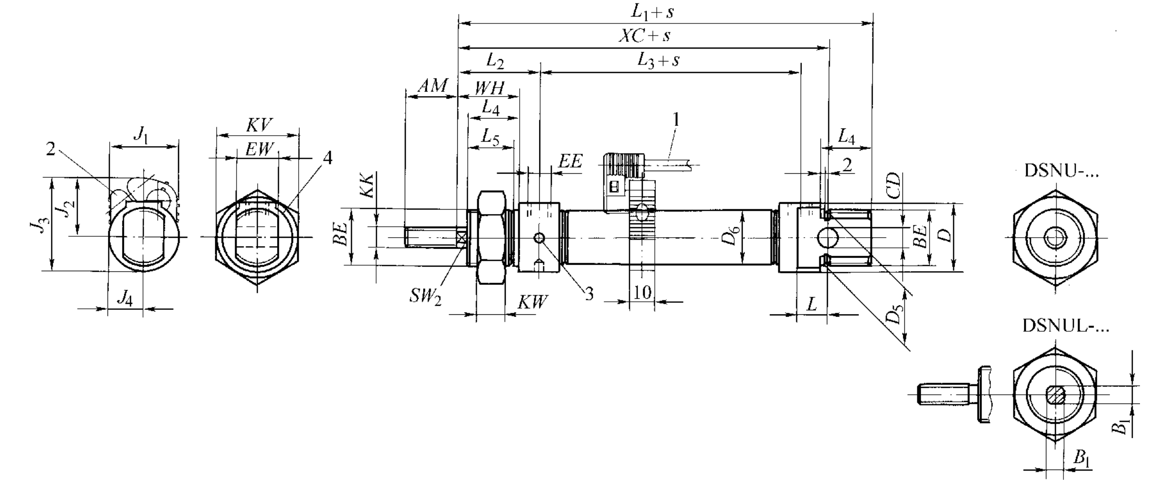


表 23.4-103 ESNU、DSNU 系列单、双作用小型气缸基本型外形尺寸 (mm)

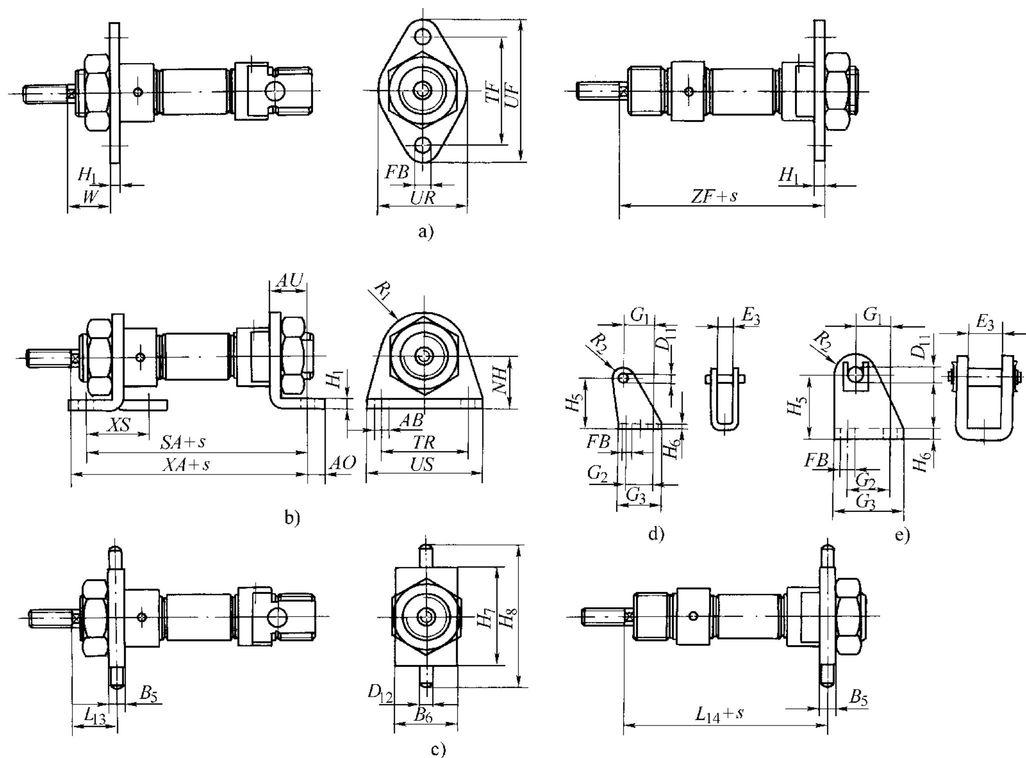


1—行程开关 2—接近开关支架 SMBR—10～25 3—钩形扳手定位孔
4—气缸终端缓冲调节螺钉 *s*—气缸行程

缸径	*AM*	B_1 f8	*BE*	*CD* ϕ	*D* ϕ	D_5 h9 ϕ	D_6 ϕ	*EE*	*EW*	J_1	J_2	J_3	J_4
8	12	—	M12×1.25	4	15	12	9.3	M5	8	20.4	16.5	23.2	13.9
10	12	—	M12×1.25	4	15	12	11.3	M5	8	22	18.2	25.9	13.8
12	16	5.5	M16×1.5	6	20	16	13.3	M5	12	22	20	28.6	11
16	16	5.5	M16×1.5	6	20	16	17.3	M5	12	22.5	22.5	33.2	11
20	20	7	M22×1.5	8	27	22	21.3	G⅛	16	26.5	22.5	35.3	13
25	22	9	M22×1.5	8	27	22	26.5	G⅛	16	31.5	25	40.2	16

缸径	*KK*	*KV*	*KW*	*L*	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	SW_2	*WH*	*XC*
8	M4	19	6	6	74	22	34	12	10	—	16	64
10	M4	19	6	6	74	22	34	12	10	—	16	64
12	M6	24	8	9	89	28	38	17	15	5	22	75
16	M6	24	8	9	95	28	44	17	15	5	22	82
20	M8	32	11	12	112	32	51.6	20	18	7	24	95
25	M10×1.25	32	11	12	119.5	36	53.1	22	20	9	28	104

表 23.4-104 ESNU、DSNU 系列单、双作用小型气缸安装尺寸 (mm)



a）法兰安装 FBN b）脚架安装 HBN…-1；HBN…-2 c）耳轴安装 WBN-… d）双耳环支座安装 LBN-8、10
e）双耳环支座安装 LBN-12～25 s—气缸行程

缸径	AB ϕ	AO	AU	B_5	B_6	D_{11}	D_{12} m6 ϕ	E_3	FB ϕ	G_1	G_2	G_3	H_1	H_5	H_6	H_7
8	4.5	5	11	6	20	4	4	8.1	4.5	13.8	12.5	20	3	24	2.5	26
10	4.5	5	11	6	20	4	4	8.1	4.5	13.8	12.5	20	3	24	2.5	26
12	5.5	6	14	8	25	6	6	12.1	5.5	13	15	25	4	27	3	38
16	5.5	6	14	8	25	6	6	12.1	5.5	13	15	25	4	27	3	38
20	6.6	8	17	8	30	8	6	16.1	6.6	16	20	32	5	30	4	46
25	6.6	8	17	8	30	8	6	16.1	6.6	16	20	32	5	30	4	46

缸径	H_8	L_{13}	L_{14}	NH	R_1	R_2	SA	TR	TF	UF	US	UR	W	XA	XS	ZF
8	38	13	65	16	10	5	68	25	30	40	35	25	13	73	24	65
10	38	13	65	16	10	5	68	25	30	40	35	25	13	73	24	65
12	58	18	76	20	13	7	78	32	40	53	42	30	18	86	32	76
16	58	18	82	20	13	7	84	32	40	53	42	30	18	92	32	82
20	66	21	96	25	20	10	102	40	50	66	54	40	19	109	36	97
25	66	24	101.5	25	20	10	103.5	40	50	66	54	40	23	114.5	40	102.5

1.7.2　DNC 系列 ISO 标准双作用中型气缸

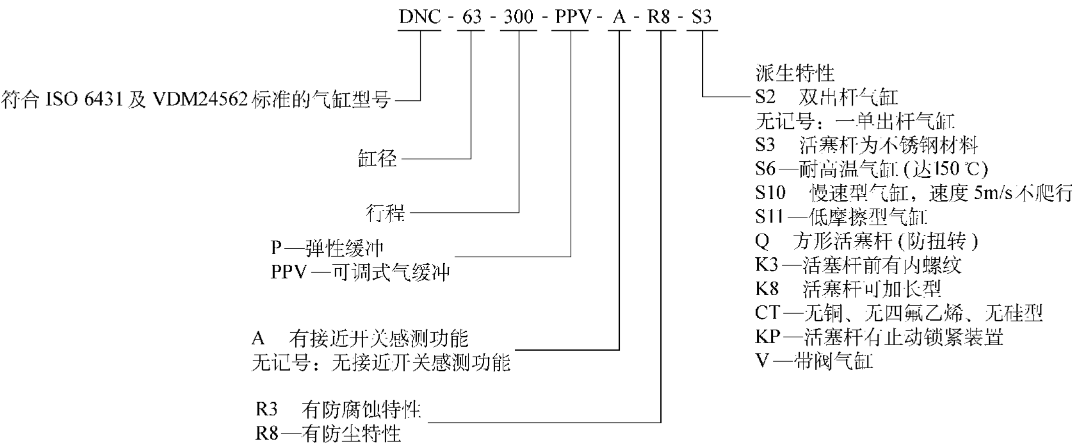
（1）技术规格(见表 23.4-105)

表 23.4-105　DNC 系列 ISO 标准双作用中型气缸技术规格

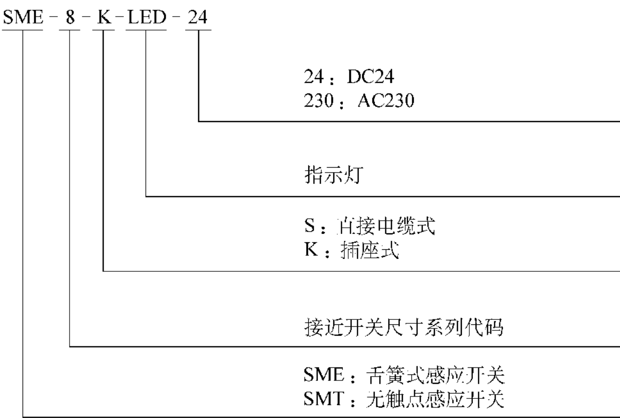
缸径/mm	32	40	50	63	80	100	125
接管螺纹/in	1/8	1/4		3/8		1/2	
行程范围/mm	10～2000						
工作介质	经过滤的压缩空气(有无润滑均可)①						
耐压/MPa	1.5						
最高使用压力/MPa	1.0						
温度范围/℃	-20～80(注意接近开关温度)						
活塞速度/mm·s^{-1}	50～1000						
缓冲型式	弹性缓冲，可调式气缓冲						
接近开关	SME-8、SMT-8						

①　活塞速度大于 500mm/s 需用过滤润滑压缩空气。

注：1. 型号意义

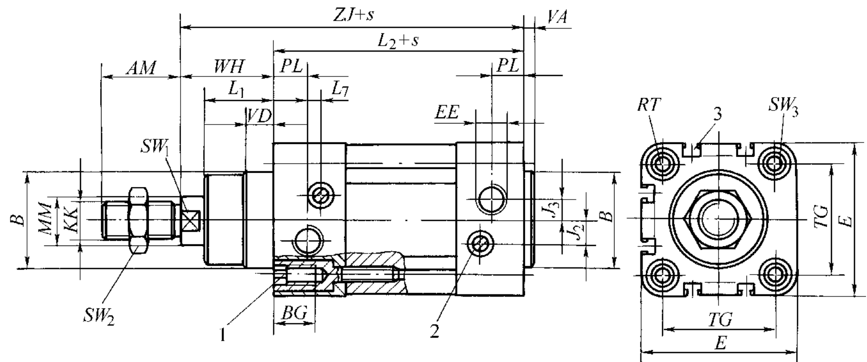


2. 接近开关型号说明



（2）外形尺寸（见表 23.4-106，终端可调式气缓冲）

表 23.4-106　DNC 系列 ISO 标准双作用中型气缸基本型外形尺寸　（mm）



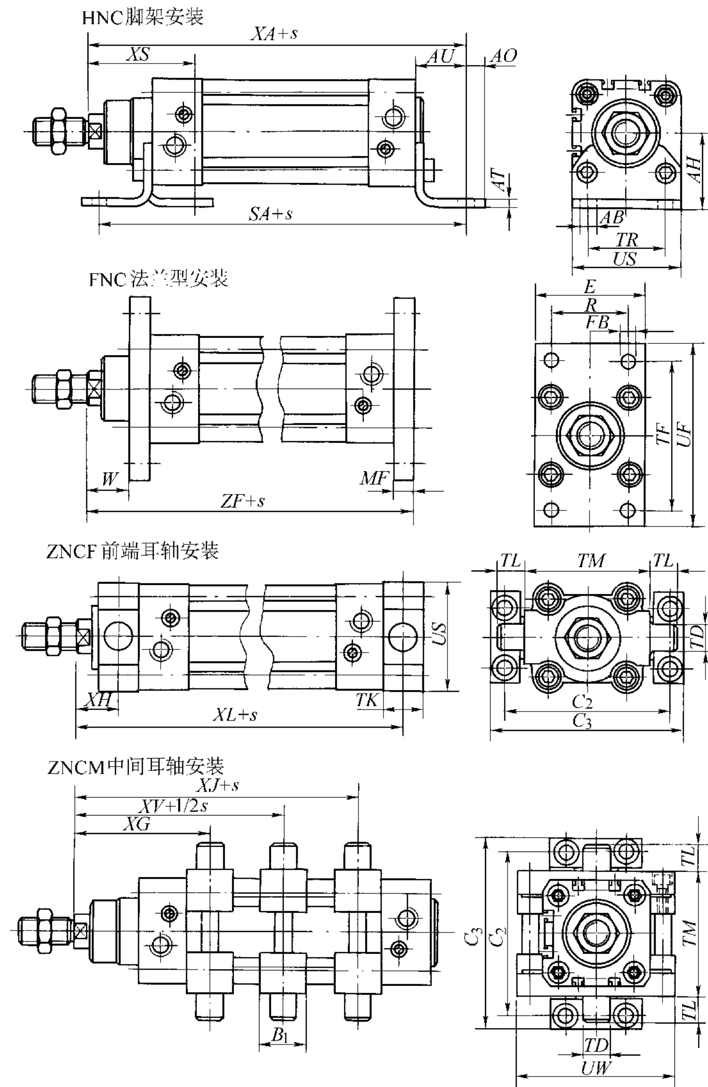
1—连接螺钉内螺纹，供外部附件安装用　2—终端缓冲调节螺钉
3—SME8/SMT8 行程开关安装槽　s—行程

缸径	AM	B φ d11	BG	E	EE	J_2	J_3	KK	L_1	L_2	L_7
32	22	30	16	45	G⅛	6	5.2	M10×1.25	18	94	3.3
40	24	35	16	54	G¼	8	6	M12×1.25	21.5	105	3.6
50	32	40	17	64	G¼	10.4	8.5	M16×1.5	28	106	5.1
63	32	45	17	75	G⅜	12.4	10	M16×1.5	28.5	121	6.6
80	40	45	17	93	G⅜	12.5	8	M20×1.5	34.7	128	105
100	40	55	17	110	G½	12	10	M20×1.5	38.2	138	8
125	54	60	22	134	G½	13	8	M27×2	46	160	14

缸径	MM φ f8	PL	RT	TG	VA	VD	WH	ZJ	SW_1	SW_2	SW_3
32	12	15.6	M6	32.5	4	10	26	120	10	16	6
40	16	14	M6	38	4	10.5	30	135	13	18	6
50	20	14	M8	46.5	4	11.5	37	143	17	24	8
63	20	17	M8	56.5	4	15	37	158	17	24	8
80	25	16.4	M10	72	4	15.7	46	174	22	30	6
100	25	18.8	M10	89	4	19.2	51	189	22	30	6
125	32	18	M12	110	6	20.5	65	225	27	36	8

（3）安装尺寸（见表 23.4-107、表 23.4-108）

表 23.4-107　DNC 系列气缸脚架、法兰、前端耳轴、中间耳轴安装连接尺寸　（mm）

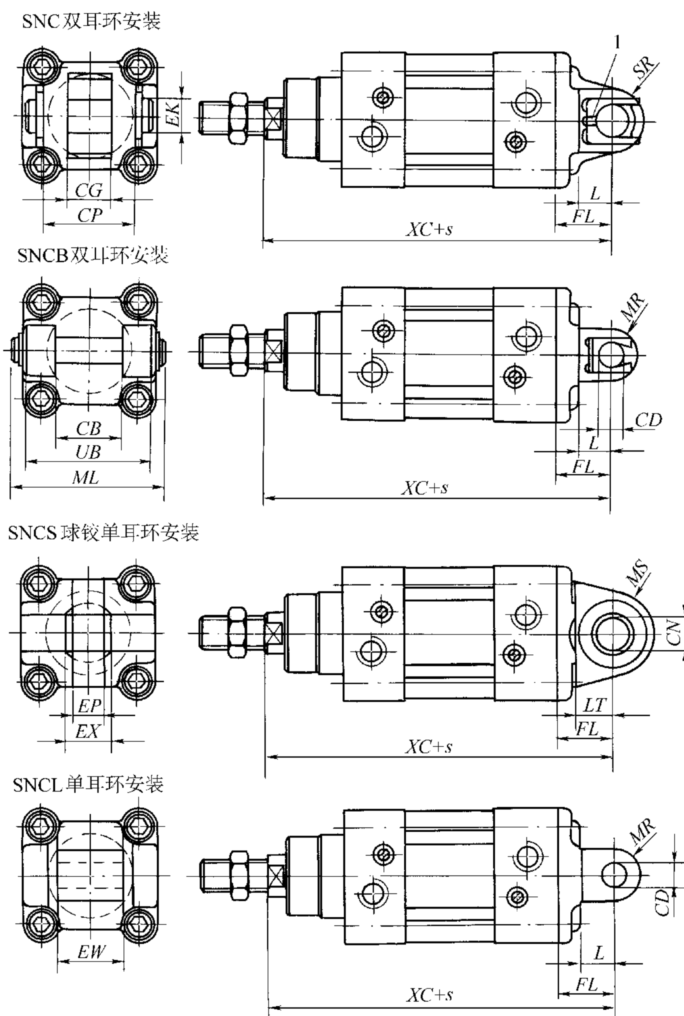


缸径	AB φ	AH	AO	AT	AU	B_1	C_2	C_3	E	FB φ H13	MF	R	SA	TD φ e9	TF	TK
32	7	32	6.5	5	24	30	71	86	45	7	10	32	142	12	64	16
40	10	36	9	5	28	32	87	105	54	9	10	36	161	16	72	20
50	10	45	10.5	6	31	34	99	117	65	9	12	45	170	16	90	24
63	10	50	12.5	6	32	41	116	136	75	9	12	50	185	20	100	24
80	12	63	15	6	41	44	136	156	93	12	16	63	210	20	126	28
100	14.5	71	17.5	6	41	48	164	189	110	14	16	75	220	25	150	38
125	16.5	90	22	8	45	50	192	217	132	16	20	90	250	25	180	50

缸径	TL	TM	TR	UF	US	UW	W	XA	XG	XH	XJ	XL	XS	XV	ZF
32	12	50	32	80	45	65	16	144	66.1	18	79.9	128	45	73	130
40	16	63	36	90	54	75	20	163	75.6	20	89.4	145	53	82.5	145
50	16	75	45	110	64	95	25	175	83.6	25	96.4	155	62	90	155
63	20	90	50	120	75	105	25	190	93.1	25	101.9	170	63	97.5	170
80	20	110	63	150	93	130	30	215	103.9	32	116.1	188	81	110	190
100	25	132	75	175	110	145	35	230	113.8	32	126.2	208	86	120	205
125	25	160	90	210	131	175	45	270	134.7	40	155.3	250	102	145	245

注：图中 s 为行程。

表 23.4-108　DNC 系列气缸单、双耳环、球铰耳环安装尺寸　（mm）



1—柱销通过定位销来防止旋转

缸径	CB	CD ϕ	CG	CN	CP	EK ϕ	EP	EW	EX
32	26	10	14	10	34	10	10.5	26	14
40	28	12	16	12	40	12	12	28	16
50	32	12	21	12	45	16	15	32	21
63	40	16	21	16	51	16	15	40	21
80	50	16	25	16	65	20	18	50	25
100	60	20	25	20	75	20	18	60	25
125	70	25	37	25	97	30	25	70	37

缸径	FL	L	LT	ML	MR	MS	SR	UB	XC
32	22	13	13	55	10	15	10	45	142
40	25	16	16	63	12	17	13	52	160
50	27	16	18	71	12	20	16	60	170
63	32	21	21	83	16	22	18	70	190
80	36	22	22	103	16	27	22	90	210
100	41	27	27	127	20	29	22	110	230
125	50	30	30	148	25	39	30	130	275

1.7.3　DNG ISO 标准 15552/DIS 双作用中、大型气缸

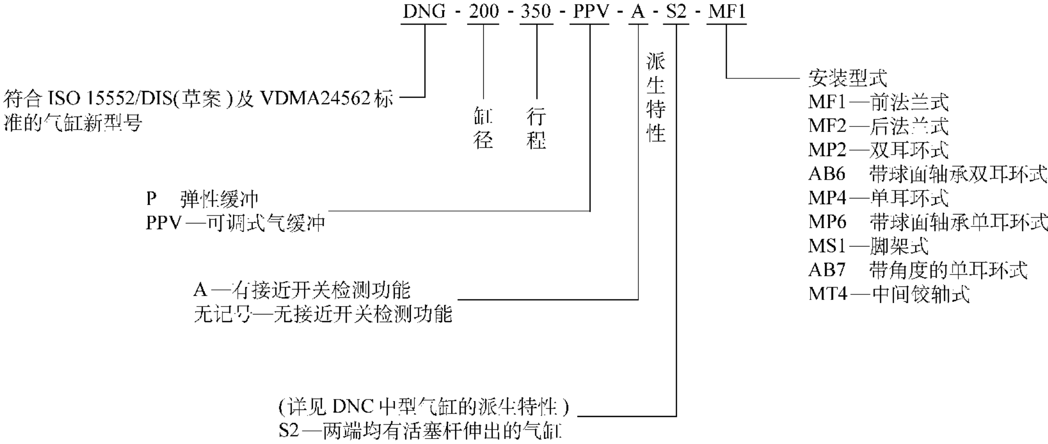
（1）技术规格（见表 23.4-109）

表 23.4-109　DNG 双作用中、大型气缸技术规格

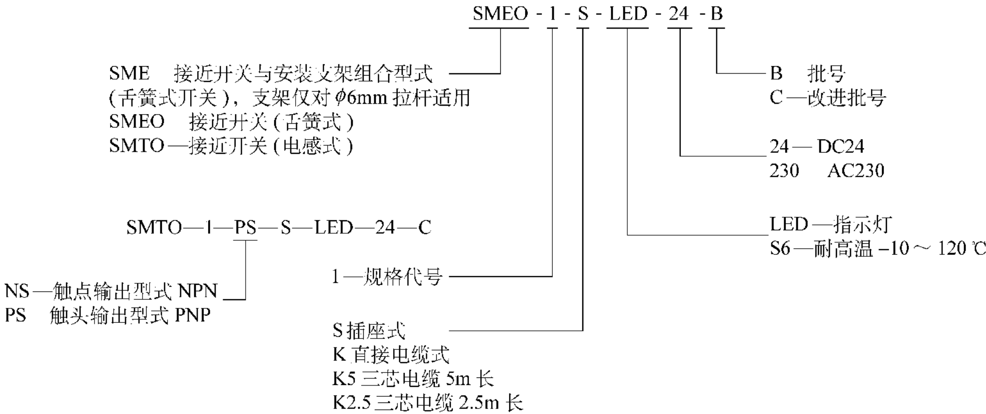
气缸内径/mm	ϕ32	ϕ40	ϕ50	ϕ63	ϕ80	ϕ100	ϕ125	ϕ160	ϕ200	ϕ250	ϕ320
行程范围/mm	$S\leqslant500$	$500<S<1250$		$S\leqslant500$	$500<S\leqslant1250$		$S\leqslant500$		$500<S\leqslant1250$		
行程公差/mm	0 ~ +2	0 ~ +3.2		0 ~ +2.5	0 ~ +4		0 ~ +4		0 ~ +5		
结构和作用型式	圆活塞结构，双作用式										
工作介质(温度范围)/℃	过滤压缩空气(−20 ~ 80)，有无润滑均可①										
最高工作压力/MPa	1.0										
缓冲型式	弹性缓冲、可调气缓冲										
接管螺纹	G⅛	G¼	G¼	G⅜	G⅜	G½	G½	G¾	G¾	G1	G1
接近开关	SME-1…；SMEO-…；SMT-1…										

① 活塞运动速度大于 500mm/s 用过滤润滑的压缩空气。

注：1. 型号意义



2. 接近开关说明



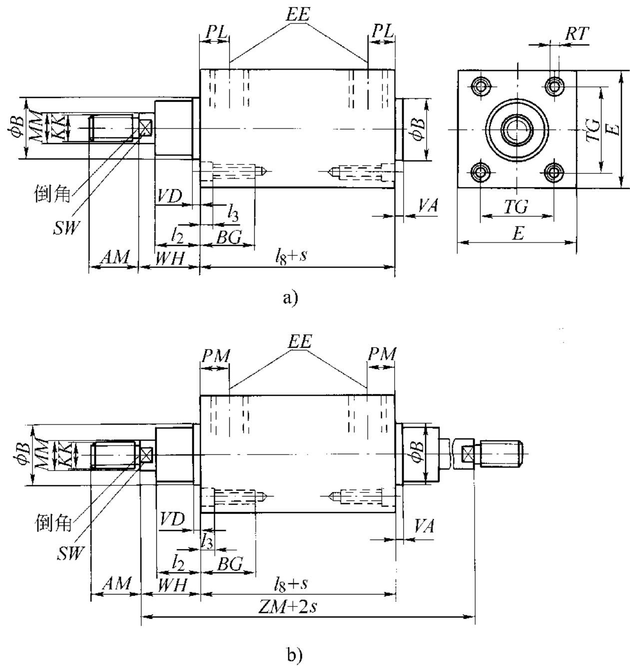
3. 接近开关支架配置

缸　　径	ϕ32、ϕ40、ϕ50	ϕ63、ϕ80、ϕ100	ϕ125 以上
支架型号	SMB-2-B	SMB-3-B	SMB-1
支架与气缸连接型式	支架直接安装在四吊杆上任意一根	支架直接安装在四吊杆上任意一根	支架安装专用 ϕ6mm 拉杆上

注：支架能与 SMEO、SMTO 各类接近开关配用。

（2）外形尺寸与安装尺寸（见表 23. 4-110 ~ 表 23. 4-116）

表 23. 4-110　DNG 系列双作用中、大型气缸基本型外形尺寸　　（mm）



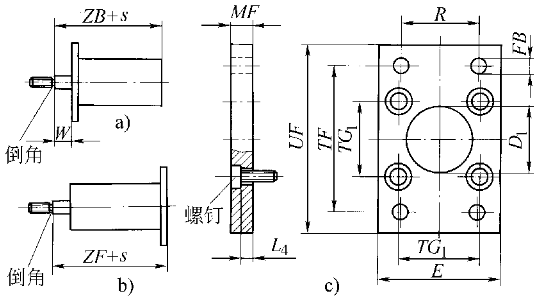
a）单出杆气缸　b）双出杆气缸

缸径	*AM* 0 −2	*B* d11	*BG* min	*EE* max	*KK*	l_2		l_3 max	l_8		*MM* max	*PL* min	*RT*	*SW*	*TG*		*VA* 0 −1	*VD* min	*WH*		*ZM*	
32	22	30	16	50	M10 × 1. 25	20	0 −5	5	94	± 0. 4	12	13	M6	10	32. 5	± 0. 5	4	4	26	± 1. 4	146	+3 −1. 5
40	24	35	16	58	M12 × 1. 25	22		5	105	± 0. 7	16	14	M6	13	38	± 0. 5	4	4	30	± 1. 4	165	
50	32	40	16	70	M16 × 1. 5	29		5	106	± 0. 7	20	14	M8	17	46. 5	± 0. 6	4	4	37	± 1. 4	180	
63	32	45	16	85	M16 × 1. 5	29		5	121	± 0. 8	20	16	M8	17	56. 5	± 0. 7	4	4	37	± 1. 8	195	
80	40	45	17	105	M20 × 1. 5	35		0	128	± 0. 8	25	16	M10	22	72	± 0. 7	4	4	46	± 1. 8	220	
100	40	55	17	130	M20 × 1. 5	38		0	138	± 1	25	18	M10	22	89	± 0. 7	4	4	51	± 1. 8	240	+3. 5 −2
125	54	60	20	157	M27 × 2	50	0 −10	0	160	± 1	32	18	M12	27	110	± 1. 1	6	6	65	± 2. 2	290	
160	72	65	24	195	M36 × 2	60		0	180	± 1. 1	40	25	M16	36	140	± 1. 1	6	6	80	± 2. 2	340	
200	72	75	24	238	M36 × 2	70	0 −15	0	180	± 1. 6	40	25	M16	36	175	± 1. 1	6	6	95	± 2. 2	370	+4 −2. 5
250	84	90	25	290	M42 × 2	80		0	200	± 1. 6	50	31	M20	46	220	± 1. 5	10	10	105	± 2. 2	410	
320	96	110	28	353	M48 × 2	90		0	220	± 2. 2	63	31	M24	55	270	± 1. 5	10	10	120	± 2. 2	460	

注：1. 缓冲调节螺钉必须置于 *EE* 尺寸内。

2. *s* 为行程。

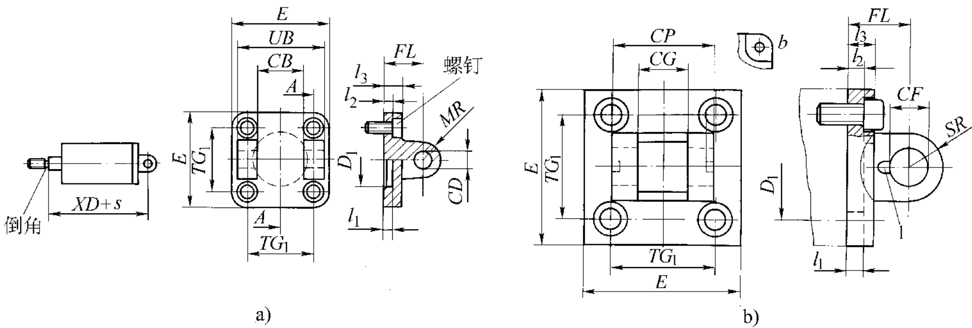
表 23.4-111　DNG 系列气缸法兰式连接及安装尺寸　　(mm)



a）前法兰(MF1)安装　b）后法兰(MF2)安装　c）矩形法兰

缸径	D_1 H11	FB H13	TG_1 名义尺寸	TG_1 允差	E max	R JS14	MF JS14	TF JS14	UF max	L_4 0 −0.5	螺钉尺寸	W 名义尺寸	W 允差	ZF 名义尺寸	ZF 允差	ZB max
32	30	7	32.5	±0.2	50	32	10	64	86	5	M6×20	16	±1.6	130	±1.25	124
40	35	9	38	±0.2	58	36	10	72	96	5	M6×20	20		145		142
50	40	9	46.5	±0.2	70	45	12	90	115	6.5	M8×20	25		155		149
63	45	9	56.5	±0.2	85	50	12	100	130	6.5	M8×20	25	±2	170	±1.6	165
80	45	12	72	±0.2	105	63	16	126	165	8	M10×20	30		190		182
100	55	14	89	±0.2	130	75	16	150	187	8	M10×20	35		205		198
125	60	16	110	±0.3	157	90	20	180	224	10.5	M12×25	45	±2.5	245	±2	235
160	65	18	140	±0.3	195	115	20	230	280	9.5	M16×30	60		280		270
200	75	22	175	±0.3	238	135	25	270	320	12.5	M16×30	70		300		285
250	90	26	220	±0.3	290	165	25	330	395	10.5	M20×30	80		330		320
320	110	33	270	±0.3	353	200	30	400	475	15	M24×40	90		370	±2.5	355

表 23.4-112　DNG 系列气缸双耳环式(MP2)与带球面轴承双耳环式(AB6)连接及安装尺寸　　(mm)



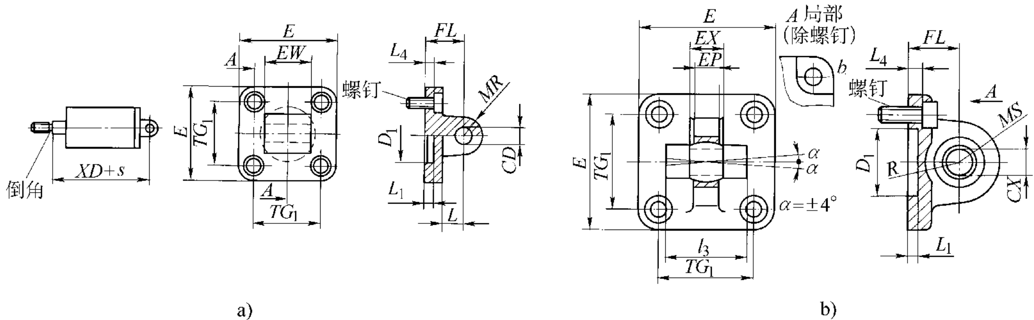
a）双耳环式(MP2)安装件　b）带球面轴承双耳环式(AB6)安装件　1—沟漕末端配有铰轴销 AA6

（续）

缸径	CB H14	UB h14	CD H9	CG D10	CP D12	CF F7	E max	FL ±0.2	MR max	SR max	TG_1 名义尺寸	TG_1 允差	D_1 H11	l_1 min	l_2 ±0.5	l_3 max	螺钉尺寸	XD 名义尺寸	XD 允差
32	26	45	10	14	34	10	50	22	11	11	32.5	±0.2	30	4.5	5.5	10	M6×20	142	±1.25
40	28	52	12	16	40	12	58	25	13	13	38	±0.2	35	4.5	5.5	10	M6×20	160	
50	32	60	12	21	45	16	70	27	13	18	46.5	±0.2	40	4.5	6.5	12	M8×20	170	
63	40	70	16	21	51	16	85	32	17	18	56.5	±0.2	45	4.5	6.5	12	M8×20	190	±1.6
80	50	90	16	25	65	20	105	36	17	22	72	±0.2	45	4.5	10	16	M10×25	210	
100	60	110	20	25	75	20	130	41	21	22	89	±0.2	55	4.5	10	16	M10×25	230	
125	70	130	25	37	97	30	157	50	26	30	110	±0.3	60	7	10	20	M12×25	275	±2.0
160	90	170	30	43	122	35	195	55	31	36	140	±0.3	65	7	10	20	M16×30	315	
200	90	170	30	43	122	35	238	60	31	38	175	±0.3	75	7	11	25	M16×30	335	
250	110	200	40	49	125	40	290	70	41	42	220	±0.3	90	11	11	25	M20×35	375	
320	120	220	45	60	150	50	353	80	46	52	270	±0.3	110	11	15	30	M24×40	420	±2.5

注：可任选图 b 中型式钻通孔。

表 23.4-113　DNG 系列气缸单耳环式（MP4）与带球面轴承单耳环式（MP6）连接及安装尺寸　（mm）



a）单耳环式（MP4）安装件　b）带球面轴承单耳环式（MP6）安装件

缸径	E max	TG_1 名义尺寸	TG_1 允差	FL ±0.2	EW 名义尺寸	EW 允差	EX ±0.1	EP max	l_3 min	L_1 min	L min	L_4 ±0.5	D_1 H11	CD H9	CX F7	MR max	MS max	R min	螺钉尺寸	XD 名义尺寸	XD 允差
32	50	32.5	±0.2	22	26	−0.2 −0.6	14	10.5	36	4.5	12	5.5	30	10	10	11	18	12	M6×20	142	±1.25
40	58	38		25	28		16	12	42	4.5	15	5.5	35	12	12	13	18	14	M6×20	160	
50	70	46.5		27	32		21	15	48	4.5	15	6.5	40	12	16	13	21	19	M8×20	170	
63	85	56.5		32	40		21	15	55	4.5	20	6.5	45	16	16	17	23	19	M8×20	190	±1.6
80	105	72		36	50		25	18	70	4.5	20	10	45	16	20	17	28	24	M10×25	210	
100	130	89		41	60		25	18	80	4.5	25	10	55	20	20	21	30	24	M10×25	230	
125	157	110	±0.3	50	70	−0.5 −1.2	37	25	100	7	30	10	60	25	30	26	40	32	M12×25	275	±2
160	195	140		55	90		43	30	125	7	35	10	65	30	35	31	44	38	M16×30	315	
200	238	175		60	90		43	30	125	7	35	11	75	30	35	31	47	40	M16×30	335	
250	290	220		70	110		49	35	130	11	45	11	90	40	40	41	53	44	M20×35	375	
320	353	270		80	120		60	45	160	11	50	15	110	45	50	46	63	54	M24×40	420	±2.5

注：可任选图 b 中型式钻通孔。

表 23.4-114　DNG 系列气缸脚架式(MS1)安装尺寸　　(mm)

缸径	*AB* H14	*TG*$_1$ 名义尺寸	*TG*$_1$ 允差	*E* max	*TR* JS14	*AO* max	*AU* ±0.2	*AH* JS16	L_7 名义尺寸	L_7 允差	*AT* 名义尺寸	*AT* 允差	R_1 H15	螺钉尺寸	*SA* 名义尺寸	*SA* 允差	*XA* 名义尺寸	*XA* 允差
32	7	32.5	±0.2	50	32	11	24	32	32	0 -12	4	17	15	M6×16	142	±1.25	144	±1.25
40	10	38		58	36	15	28	36	36	0 -12	4	18.5	17.5	M6×16	161		163	
50	10	46.5		70	45	15	32	45	45	0 -14	5	25	20	M8×20	170		175	
63	10	56.5		85	50	15	32	50	50	0 -16	5	27.5	22.5	M8×20	185	±1.6	190	±1.6
80	12	72		105	63	20	41	63	63		6	40.5	22.5	M10×20	210		215	
100	14.5	89		130	75	25	41	71	71	0 -19	6	43.5	27.5	M10×20	220		230	
125	16.5	110	±0.3	157	90	25	45	90	90	0 -21	8	60	30	M12×25	250	±2	270	±2
160	18.5	140		195	115	25	60	115	115	0 -23	10	82.5	32.5	M16×30	300		320	
200	24	175		238	135	35	70	135	135	0 -26	12	97.5	37.5	M16×30	320		345	
250	28	220		290	165	40	75	165	165	0 -31	20	120	45	M20×40	350		380	
320	35	270		353	200	45	85	200	200	0 -38	23	145	55	M24×45	390	±2.5	425	±2.5

表 23.4-115　DNG 系列气缸带角度的单耳环式(AB7)安装尺寸　　(mm)

缸径	*EB* min	*CK* H9	*HB* H13	*TE* JS14	*UL* max	*EA* max	*GL* JS14	l_5 max	*RA* JS14	*EM* 名义尺寸	*EM* 允差	*UR* max	*PH* JS15	*BT*	*BR* max
32	11	10	6.6	38	51	10	21	1.6	18	26	-0.2 -0.6	31	32	8	10
40	11	12	6.6	41	54	12	24	1.6	22	28		35	36	10	11
50	15	12	9	50	65	16	33	1.6	30	32		45	45	12	13
63	15	16	9	52	67	16	37	1.6	35	40		50	50	12	15
80	18	16	11	66	86	20	47	2.5	40	50		60	63	14	15
100	18	20	11	76	96	20	55	2.5	50	60		70	71	15	19
125	20	25	14	94	124	30	70	3.2	60	70	-0.5 -1.5	90	90	20	22.5
160	20	30	14	118	156	36	97	4	88	90		126	115	25	31.5
200	26	30	18	122	162	40	105	4	90	90		130	135	30	31.5
250	33	40	22	150	200	45	128	4.5	110	110		160	165	35	40
320	40	45	26	170	234	55	150	4.5	122	120		186	200	40	45

注：1. 轴承 a 任选。
2. b 型式钻孔任选。

表 23.4-116　DNG 系列气缸中间铰轴式（MT4）连接及安装尺寸　（mm）

AL	TM h14	UW max	TL h14	TK max	TD e9	R max
32	50	65	12	25	12	1
40	63	75	16	28	16	1.6
50	75	95	16	28	16	1.6
63	90	105	20	36	20	1.6
80	110	130	20	36	20	1.6
100	132	145	25	48	25	2
125	160	175	25	50	25	2
160	200	220	32	50	32	2.5
200	250	260	32	50	32	2.5
250	320	320	40	60	40	3.2
320	400	400	50	70	50	3.2

注：*XV* 尺寸由用户和制造者共同商定。

（3）安装使用的附件（见表 23.4-117、表 23.4-118）

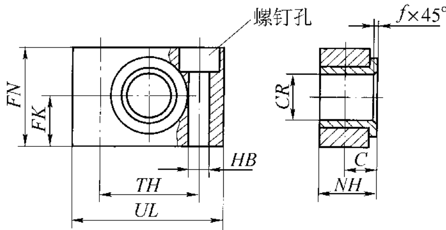
表 23.4-117　销轴（AA4、AA6）安装尺寸　（mm）

a）AA4 用于双耳环式（MP2）、单耳环式（MP4）、带角度的单耳环式（AB7）安装

b）AA6 用于带球面轴承单耳环式（MP6）、双耳环式（AB6）安装

缸径	EK e8	JK +0.2	d max	EL 名义尺寸	EL 允差	ES max	L_6 max	l_6 −0.4	L_4	d_4
32	10	10	23	46	$^{+2}_{0}$	32.2	9	4.5	14	3
40	12	12	25	53		38	9	6	20	4
50	12	16	25	61		43	9	6	20	4
63	16	16	32	71		49	11	6	20	4
80	16	20	32	91		63	11	6	24	4
100	20	20	40	111		73	11	6	24	4
125	25	30	50	132	$^{+3}_{0}$	94	11	9	36	6
160	30	35	62	172		119	17	9	41	6
200	30	35	62	172		119	17	9	41	6
250	40	40	72	202		121	22	12	48	8
320	45	50	85	222		146	22	12	58	8

表 23.4-118　轴承(AT4)安装尺寸　　(mm)



缸径	UL	NH	TH		C	CR	HB	FN	FK		f×45°
			名义尺寸	允差		H9	H13		名义尺寸	允差	min
32	46	18	32		10.5	12	6.6	30	15		1
40	55	21	36		12	16	9	36	18		1.6
50	55	21	36		12	16	9	36	18		1.6
63	65	23	42	±0.2	13	20	11	40	20	±0.1	1.6
80	65	23	42		13	20	11	40	20		1.6
100	75	28.5	50		16	25	14	50	25		2
125	75	28.5	50		16	25	14	50	25		2
160	92	40	60		22.5	32	18	60	30		2.5
200	92	40	60	±0.3	22.5	32	18	60	30	±0.2	2.5
250	140	50	90		27.5	40	22	70	35		3.2
320	150	60	100		32.5	50	26	80	40		3.2

注：AT4 轴承用于中间铰轴式(MT4)安装。

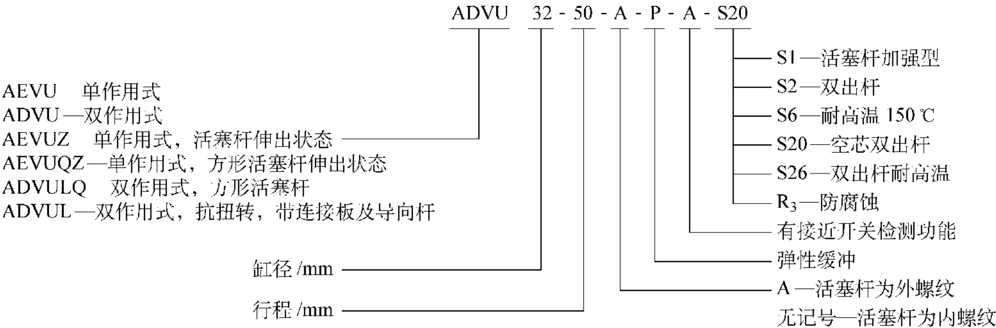
1.7.4　ADVU、AEVU 系列紧凑型单、双作用短行程气缸

(1) 技术规格(见表 23.4-119)

表 23.4-119　ADVU、AEVU 系列紧凑型单、双作用短行程气缸技术规格

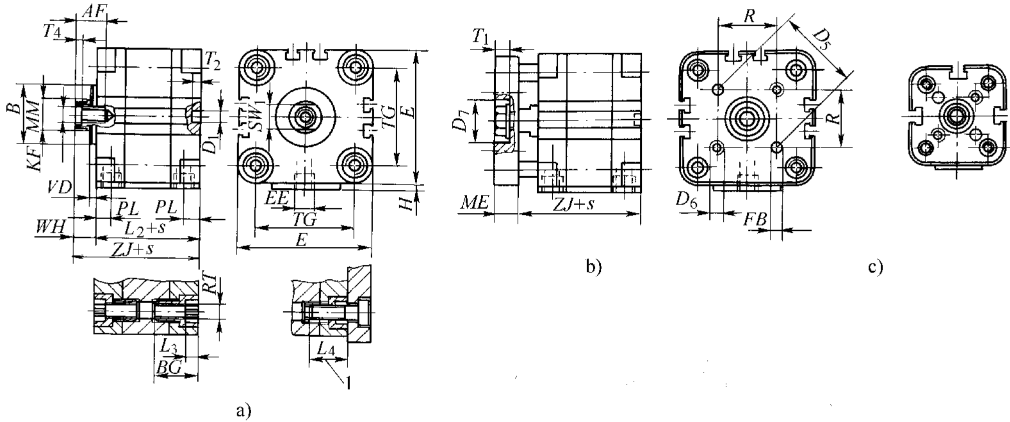
缸径/mm		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
动作型式		单作用式；双作用式										
工作介质		过滤压缩空气(润滑或未润滑)										
保证耐压/MPa		1.5										
最高使用压力/MPa		1.0										
温度范围/℃		-20~80										
缓冲型式		弹性缓冲										
接近开关		SME-8/SMT-8										
接管螺纹		M5	M5	M5	M5	G⅛	G⅛	G⅛	G⅛	G⅛	G¼	G¼
行程范围/mm	单作用	1~10	1~25									
	双作用	1~200				1~300				1~400		

注：型号意义



（2）外形尺寸（见表23.4-120～23.4-122）

表23.4-120　ADVU、AEVU系列单、双作用短行程气缸（活塞杆缩回状态）外形尺寸　（mm）



a）ADVU/AEVU-12～125-P-A型　b）ADVUL-32～100-P-A型　c）ADVUL-12～25-P-A型

1—最小旋入深度　*s*—行程

缸径	AF	B ϕ d11	BG	D_1 ϕ H9	D_5	D_6	D_7 ϕ H9	E	EE	FB ϕ H8	H	KF	L_2	L_3
12	8	—	18.5	6	14	M3	—	29	M5	3	1	M3	38	3
16	10	—	18.5	6	14	M3	—	29	M5	3	1	M4	38	3
20	12	—	18.5	6	17	M4	—	36	M5	4	1.5	M5	38	4
25	12	—	18.5	6	22	M5	14	40	M5	5	1.5	M5	39.5	4
32	14	—	21.5	6	28	M5	17	50	G1/8	5	2	M6	44.5	5
40	14	—	21.5	6	33	M5	17	60	G1/8	5	2.5	M6	45.5	5
50	16	—	22	6	42	M6	22	68	G1/8	6	3	M8	45.5	6
63	16	—	24.5	8	50	M6	22	87	G1/8	6	4	M8	50	8
80	20	—	27.5	8	65	M8	28	107	G1/8	8	4	M10	56	8
100	24	—	32.5	8	80	M10	30	128	G1/4	10	5	M12	66.5	8
125	25	60	19.5	10	—	—	—	132	G1/4	—	—	M16	81	—

缸径	L_4	ME	MM ϕ	PL	R	RT	T_1 ${}^{0}_{-0.2}$	T_2 ${}^{0}_{-0.2}$	T_4	TG	VD	WH	ZJ	SW_1 H13
12	16	6	6	8	9.9	M4	—	4	1.5	18	1.8	4.5	42.5	5
16	16	6	8	8	9.9	M4	—	4	1.5	18	0.8	4.5	42.5	7
20	18	8	10	8	12	M5	—	4	2	22	0.3	4.5	42.5	9
25	18	8	10	8	15.6	M5	4.8	4	2	26	1.3	5.5	45	9
32	20	10	12	8	19	M6	6.1	4	2.6	32	1.3	6	50.5	10
40	20	10	12	8	23.3	M6	6.1	4	2.6	42	1.8	6.5	52	10
50	20	12	16	8	29.7	M8	7.6	4	3.3	50	1.3	7.5	53	13
63	25	12	16	8	35.4	M10	7.6	4	3.3	62	1.3	7.5	57.5	13
80	25	14	20	8.5	46	M10	8.7	4	4.7	82	1	8	64	17
100	25	14	25	10.5	56.6	M10	10.3	4	6.1	103	1	10	76.5	22
125	18	—	32	10.5	—	M12	—	6	7	110	4	18	99	27

注：*BG*项不需超过ADVUL-…的旋入深度。

表 23.4-121　ADVU、AEVU 系列单、双作用短行程气缸(活塞杆伸出状态)外形尺寸　(mm)

不能用六角螺栓拧入

a) b) c) d) e)

f) g) h) i) j) k)

a) ADVU/AEVU-12～25　b) ADVU/AEVU-32～100　c) ADVU-125　d) ADVULQ/AEVULQ-12～25
e) ADVULQ/AEVULQ-32～100　f) ADVU/AEVU-A-P-A　g) AEVUZ-P-A　h) AEVUZ-A-P-A
i) ADVULQ/AEVULQ-A-P-A　j) AEVULQZ-P-A　k) AEVULQZ-A-P-A
1—传感器(行程开关)安装槽　s—行程

缸径	AM	B_1 □	KK	MM ϕ	ZJ	缸径	AM	B_1 □	KK	MM ϕ	ZJ
12	16	5.5	M6	6	42.5	50*	24	12	M12×1.25	16	53
16	20	7	M8	8	42.5	63*	24	12	M12×1.25	16	57.5
20*	22	9	M10×1.25	10	42.5	80*	32	16	M16×1.5	20	64
25*	22	9	M10×1.25	10	45	100*	40	20	M20×1.5	25	76.5
32*	22	10	M10×1.25	12	50.5	125*	54	20	M27×2	32	99
40*	22	10	M10×1.25	12	52						

注：*用于活塞杆螺纹的螺母包括在供货范围内。

表 23.4-122　ADVU、AEVU 系列单、双作用短行程气缸(活塞杆缩回状态)气口位置与外形尺寸　(mm)

a) b)

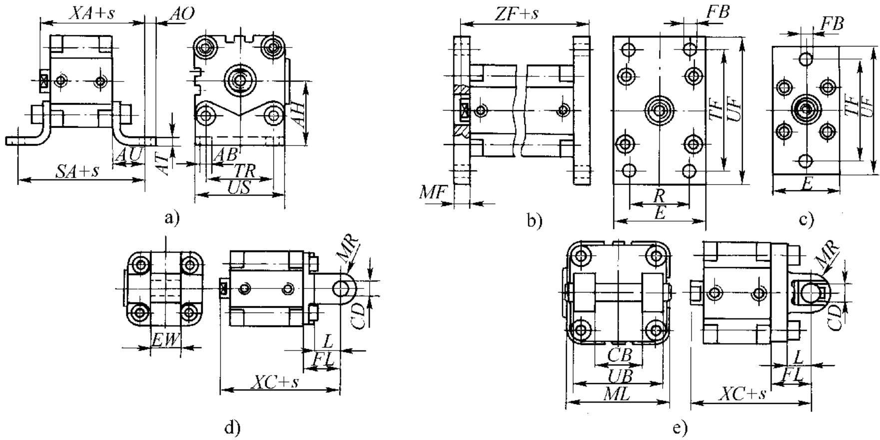
a) ADVU-25-P-A-S1　b) AEVU-40～100-P-A-S1
1—传感器(行程开关)安装槽　2—最小旋入深度　3—活塞杆伸出用气接口
4—活塞杆缩回用气接口　s—行程

（续）

缸径	AF	B φ	BG	D_1 φ H9	E	EE	H	J_3	L_2	L_4	MM φ	PL	RT	T_2 −0.2	T_4	TG	VD	WH	ZJ	SW_1 h13
25	10	22	18.5	6	40	M5	1.5	—	45.5	18	10	8	M5	4	2	26	4	11.5	57	9
40	12	35	21.5	6	60	M5	2.5	7.5	52.5	20	16	8	M6	4	2.6	42	7	16.5	69	13
63	16	42	24.5	8	87	G⅛	4	10.5	58	25	20	8	M10	4	3.3	62	11.5	21.5	79.5	17
100	20	55	32.5	8	128	G¼	5	14.5	77.5	25	25	10.5	M10	4	6.1	103	15	27	104.5	22

（3）安装附件外形尺寸及安装尺寸（见表 23.4-123、图 23.4-32）

表 23.4-123　ADVU、AEVU 系列短行程气缸、安装附件外形尺寸及安装尺寸　（mm）



a）脚架安装 HUA-32～100HNC-125（2 个脚架和安装螺栓）　b）法兰安装 FUA-32～100FNC-125（1 个法兰和安装螺栓）
c）法兰安装 FUA-12～25　d）双耳环安装 SUA-12～25（1 个双耳环，4 个安装螺栓和 1 个定位套）
e）双耳环安装 SUA-32…100

缸径	AB φ	AH	AO	AT	AU	CB	CD φ	E	EW	FB φ	FL	L
12	5.5	22	4.75	3	13	—	6	29	12	5.5	16	10
16	5.5	22	4.75	3	13	—	6	29	12	5.5	16	10
20	6.6	27	6.25	4	16	—	8	36	16	6.6	20	14
25	6.6	30	6.25	4	16	—	8	40	16	6.6	20	14
32	6.6	32	8.25	5	18	26	10	50	—	7	22	13
40	9	42.5	8.25	5	20	28	12	60	—	9	25	16
50	9	47	8.25	6	24	32	12	68	—	9	27	16
63	11	59.5	11.75	6	27	40	16	87	—	9	32	21
80	11	65.5	11.75	8	30	50	16	107	—	12	36	23
100	13.5	78	11.75	8	33	60	20	128	—	14	41	26
125	16.5	90	22	8	45	—	—	132	—	16	—	—

缸径	MF	ML	MR	R	SA	TF	TR	UB	UF	US	XA	XC	ZF
12	10	—	6	—	94	43	18	—	55	27	55.5	58.5	52.5
16	10	—	6	—	64	43	18	—	55	27	55.5	58.8	52.5
20	10	—	8	—	70	55	22	—	70	34	58.5	62.5	52.5
25	10	—	8	—	71.5	60	26	—	76	38	61	64	55
32	10	54	10	32	80.5	65	32	45	80	48	68.5	72.5	60.5
40	10	62	12	36	85.5	82	42	52	102	58	72	77	62
50	12	70	12	45	93.5	90	50	60	110	66	77	80	65
63	15	82	16	50	104	110	62	70	130	85	84.5	89.5	72.5
80	15	102	16	63	116	135	82	90	160	105	94	100	76
100	15	126	20	75	132.5	163	103	110	190	126	109.5	117.5	91.5
125	20	—	—	90	171	180	90	—	210	131	144	—	119

注：图中尺寸 s 为行程。

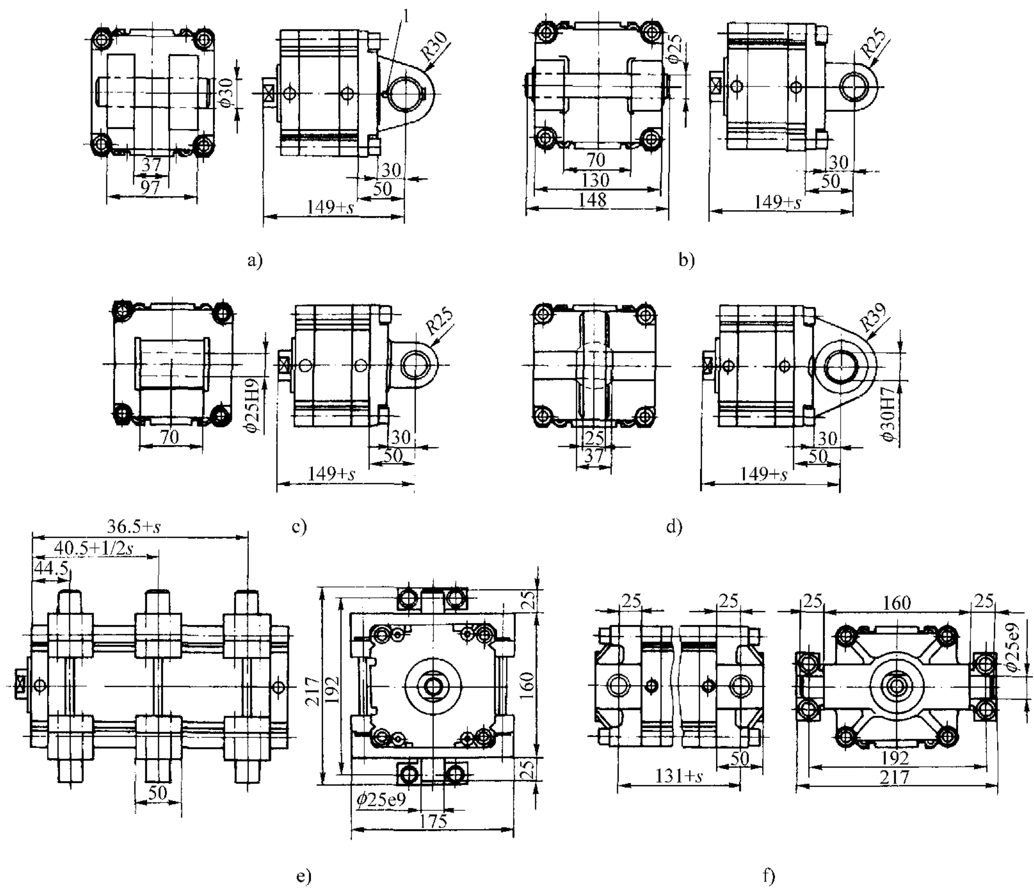


图 23.4-32 ADVU、AEVU 短行程气缸(缸径 125mm)、安装附件外形及安装尺寸

a) 双耳环安装 SNC-125(1 个双耳环,带枢轴销和安装螺栓)

b) 双耳环安装 SNCB-125(1 个双耳环,带枢轴销和安装螺栓)

c) 单耳环安装 SNCL-125(1 个单耳环和安装螺栓)

d) 球铰单耳环安装 SNCS-125(1 个单耳环和安装螺栓)

e) 耳轴安装 ZNCM-125 f) 耳轴安装 ZNCF-125

1—定位销, 用于防止柱销转动 s—行程

1.7.5 DZF 系列双作用扁平气缸

(1) 技术规格(见表 23.4-124)

表 23.4-124 DZF 系列双作用扁平气缸技术规格

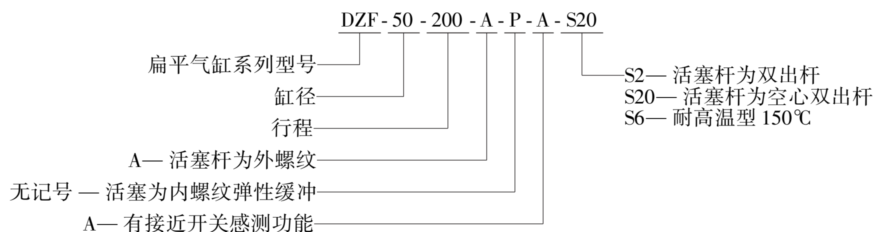
缸径/mm	12	18	25	32	40	50	63
接管螺纹	M5			G⅛		G¼	
结构及缓冲	椭圆形活塞、弹性缓冲(两端)						
工作介质	经过滤的压缩空气(润滑或未润滑)						
温度范围/℃	−20 ~ 80						
耐压/MPa	1.5						
最高工作压力/MPa	1.0						
活塞速度/mm · s^{-1}	50 ~ 500						
活塞杆能承受最大转矩/N · m	0.1	0.2	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5

（续）

缸径/mm	12	18	25	32	40	50	63
活塞杆最大转矩角/(°)	±2.5	±1.2	±1.0	±0.8	±0.6	±0.5	±0.4
接近开关	SME-8、SMT-8						
行程范围/mm	10～200		10～320				

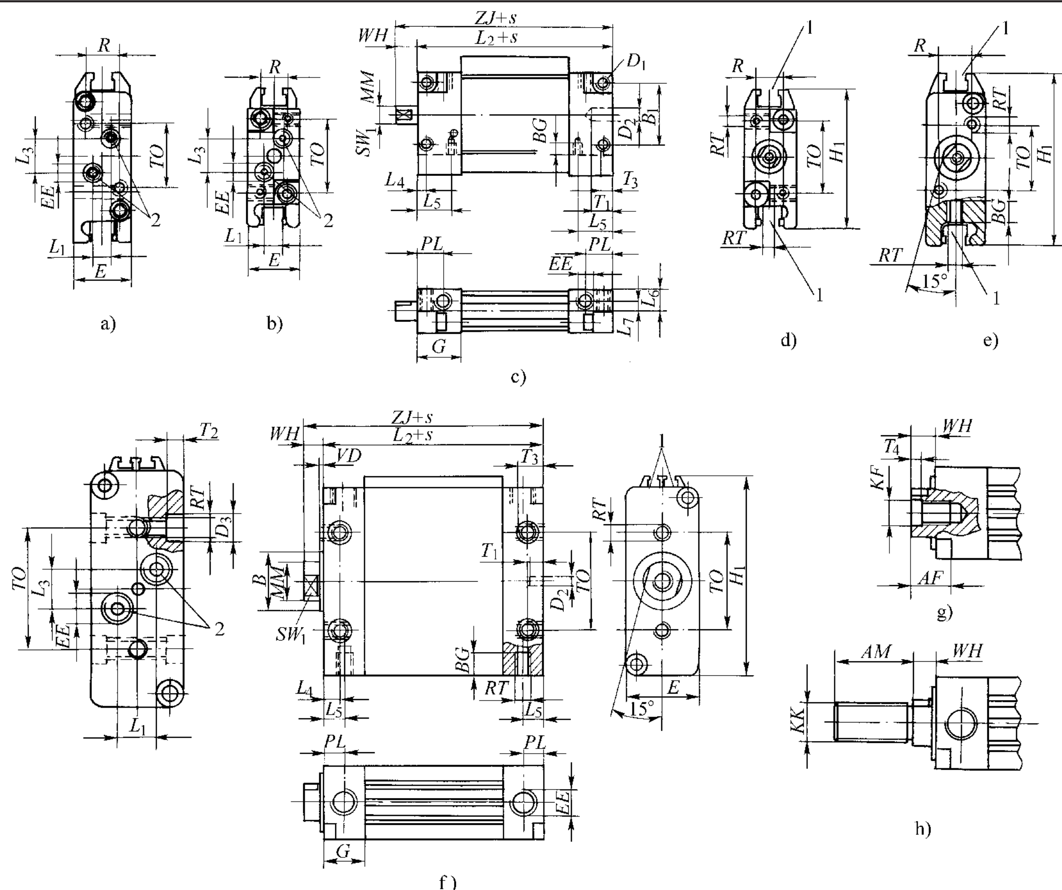
注：1. FESTO公司还生产DZH系列(可调缓冲)通径16～63mm、行程10～1000mm、活塞杆可承受最大扭矩2N·m的扁平气缸。

2. 型号意义



（2）外形尺寸(见表23.4-125)

表23.4-125　DZF系列双作用扁平气缸外形尺寸　（mm）

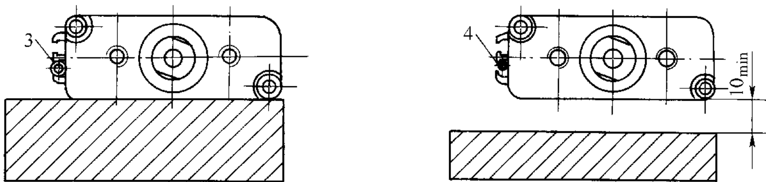


a）DZF-18　b）DZF-12　c）DZF-12，DZF-18　d）DZF-12　e）DZF-18　f）DZF-25～63

g）DZF-12～63-P-A　h）DZF-12～63-A-P-A

1—传感器(行程开关)安装槽　2—气缸进、出气口

（续）



i)

i）行程开关安装示意图

3—电感型行程开关（SMT-8）　4—舌簧型行程开关（SME-8）

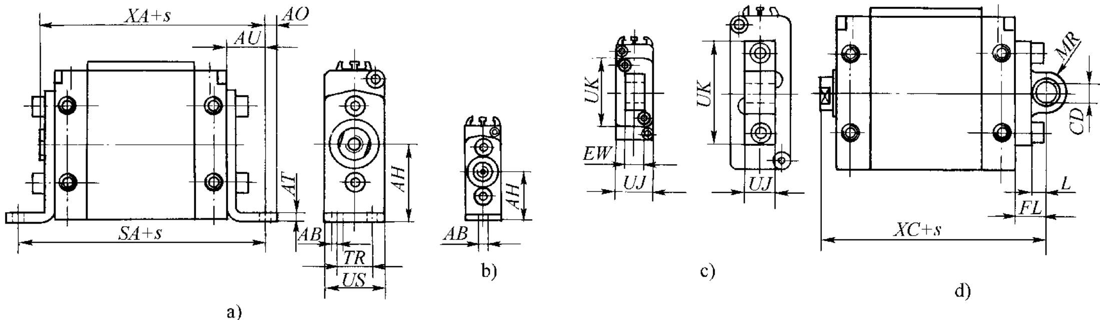
缸径	AF	AM	B ϕ h9	B_1	BG	D_1	D_2 ϕ H9	D_3 ϕ	E	EE	G	H_1	KF	KK	L_1	L_2
12	8	16	—	20	4	M4	4	—	14	M5	14	38	M3	M6	5	62
18	10	20	—	20	6	M4	4	—	16	M5	14	47	M4	M8	5	62
25	12	22	16	—	8	—	4	8	20	M5	12	56	M5	M10×1.25	6	62
32	14	22	20	—	9	—	4	10	24	G⅛	17	65	M6	M10×1.25	7.5	72
40	16	24	25	—	9	—	4	10	30	G⅛	17	82	M8	M12×1.25	7.5	76
50	20	32	30	—	12	—	5	11	38	G¼	21	102	M10	M16×1.5	16	82
63	20	32	30	—	14	—	5	15	50	G¼	21	126.5	M10	M16×1.5	19	82

缸径	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	MM ϕ	PL	R	RT	T_1	T_2	T_3	T_4	TO	VD	WH	ZJ	SW_1 h13
12	9.5	3	11	7	3	6	8.5	7.5	M3	7	—	4	1.5	20	—	7	69	5
18	9.5	3.5	5	—	—	8	8.5	9	M4	7	—	6	1.5	20	—	7	69	7
25	10	5	5	—	—	10	6	—	M5	7	4	8	2	25	2	8	70	9
32	14.5	8.5	8.5	—	—	12	8.5	—	M6	7	4	9	2.6	32	2	8	80	10
40	14.5	8.5	8.5	—	—	16	8.5	—	M6	7	5	9	3.3	40	2	9	85	13
50	16	8.5	8.5	—	—	20	10.5	—	M8	7	6	12	4.7	50	2	10	92	17
63	21	8.5	8.5	—	—	20	10.5	—	M10	7	6	14	4.7	60	2	10	92	17

注：气缸安装在磁化物体上或几个气缸相互连接，则最好选用 SMT-8 型开关。若选用 SME-8 型，则气缸与可磁化物之间至少保持 10mm 的距离（见表 23.4-125 图 i）。

（3）安装尺寸（见表 23.4-126、表 23.4-127）

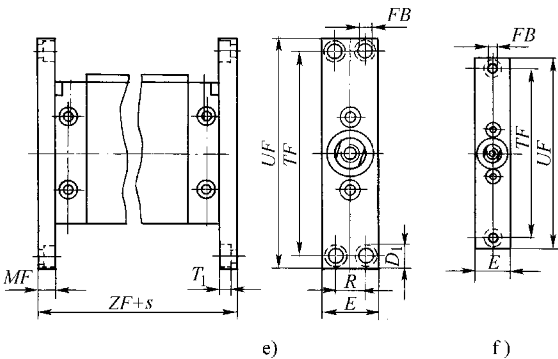
表 23.4-126　扁平气缸脚架式（HZF）、双耳环式（SZF）、法兰式（FZF）安装尺寸　　（mm）



a)　b)　c)　d)

a）脚架安装（2 个脚架和 4 个安装螺钉）HZF-32～63　b）脚架安装 HZF-12～25　c）双耳环安装（用耳环支座 LZF）（1 个双耳环安装件，带轴承和 2 个安装螺钉）SZF-12 和 18　d）双耳环安装 SZF-25～63

（续）



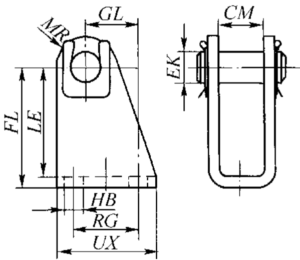
e）法兰安装(1 个法兰和 4 个安装螺钉) FZF-50 和 63　f）法兰安装 FZF-12 ~ 40

缸径	*AB* φ	*AH*	*AO*	*AT*	*AU*	*CD* φ H7	D_1 φ	*E*	*EW* h12	*FB* φ	*FL*	*L*	*MF*
12	4.5	25	5	2	13	8	8	14	7	4.5	16	13	8
18	5.5	29	5	2	17	8	8	16	7	4.5	18	15	8
25	5.5	28	7	3	16	8	10	20	—	5.5	14	8	10
32	5.5	32	5.5	3	18	10	11	24	—	6.6	15	6	10
40	5.5	40	7	4	20	12	11	30	—	6.6	18	9	10
50	6.6	50	8	4	24	12	15	38	—	9	20	9	12
63	9	63	10	4	27	16	15	50	—	9	24	13	15

缸径	*MR*	*R*	*SA*	T_1	*TF*	*TR*	*UF*	*UJ*	*UK*	*US*	*XA*	*XC*	*ZF*
12	7	—	88	4.5	75	—	90	14	26	14	82	85	78
18	7	—	96	4.5	80	—	94	16	26	16	86	87	78
25	7.5	—	94	5.7	100	—	112	9	37	20	86	84	82
32	10	—	108	6.5	115	13	130	10.5	44	24	98	95	92
40	13	—	116	6.3	132	16	146	10.5	52	30	105	103	96
50	13	21	130	8.3	140	22	157	20	65	38	116	112	106
63	17	33	136	8.3	140	30	157	25	78	50	119	116	112

表 23.4-127　扁平气缸安装件(LZF 型双耳环支座)安装尺寸　（mm）

双耳环支座安装 LZF(1 个耳环支座,带柱销和 2 个防护圈)



（续）

缸径	*CM*	*EK* ϕ H8	*FL*	*GL*	*HB* ϕ	*LE*	*MR*	*RG*	*UX*
12	$7.1^{0}_{+0.4}$	8	$32^{+0.4}_{-0.2}$	18	4.5	29	8	30	37
18	$7.1^{0}_{+0.4}$	8	$32^{+0.4}_{-0.2}$	18	4.5	29	8	30	37
25	$9.1^{0}_{+0.4}$	8	$35^{+0.4}_{-0.2}$	25.5	5.5	32	9.5	40	49
32	$10.6^{0}_{+0.4}$	10	$42^{+0.4}_{-0.2}$	33	6.6	38	11	50	60
40	$10.6^{0}_{+0.4}$	12	$51^{+0.4}_{-0.2}$	29.5	6.6	47	14	50	60
50	$20.1^{0}_{+0.5}$	12	$55^{+0.6}_{-0.2}$	24	9	50	14	30	46
63	$25.1^{0}_{+0.5}$	16	$68^{+0.6}_{-0.2}$	32	11	63	18	40	60

1.7.6　DGP、DGPL 系列滑块型无杆气缸与带导轨的无杆气缸

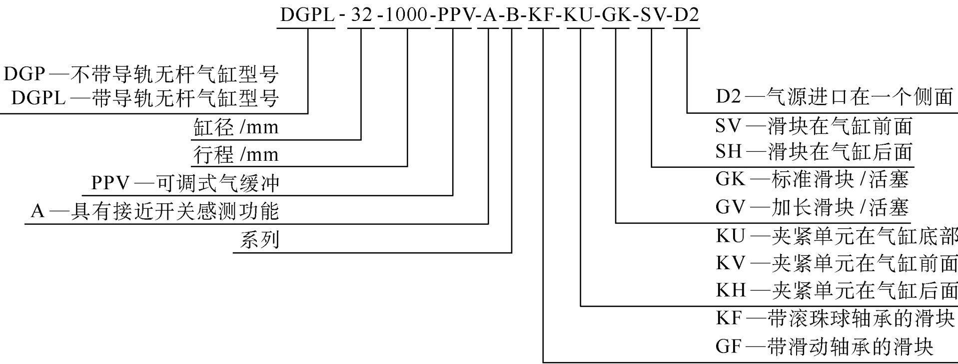
（1）技术规格(见表 23.4-128)

表 23.4-128　DGP、DGPL 系列滑块型无杆气缸技术规格

缸径/mm	8	12	18	25	32	40	50	63	80
接管螺纹	M5	M5	M5	G1/8	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G1/2
缓冲长度/mm			16	18	20	30	30	30	83
行程范围/mm	10～3000、重载带导轨 10～2160(均加终端缓冲装置)								
动作型式	双作用								
工作介质	过滤压缩空气(润滑或未润滑)								
保证耐压/MPa	1.2								
最高使用压力/MPa	0.8								
温度范围/℃	-10～60								
活塞速度	DGPL...GF：1　DGPL...KF：3①								
缓冲型式	可调气缓冲，弹性缓冲/加液压缓冲器								
接近开关	SME8/SMT8								

① DGP 最大气缸速度 3m/s；DGPL-GF 通常速度为 0.2m/s，最高速度 1m/s；DGPL-KF 最高速度 3m/s。

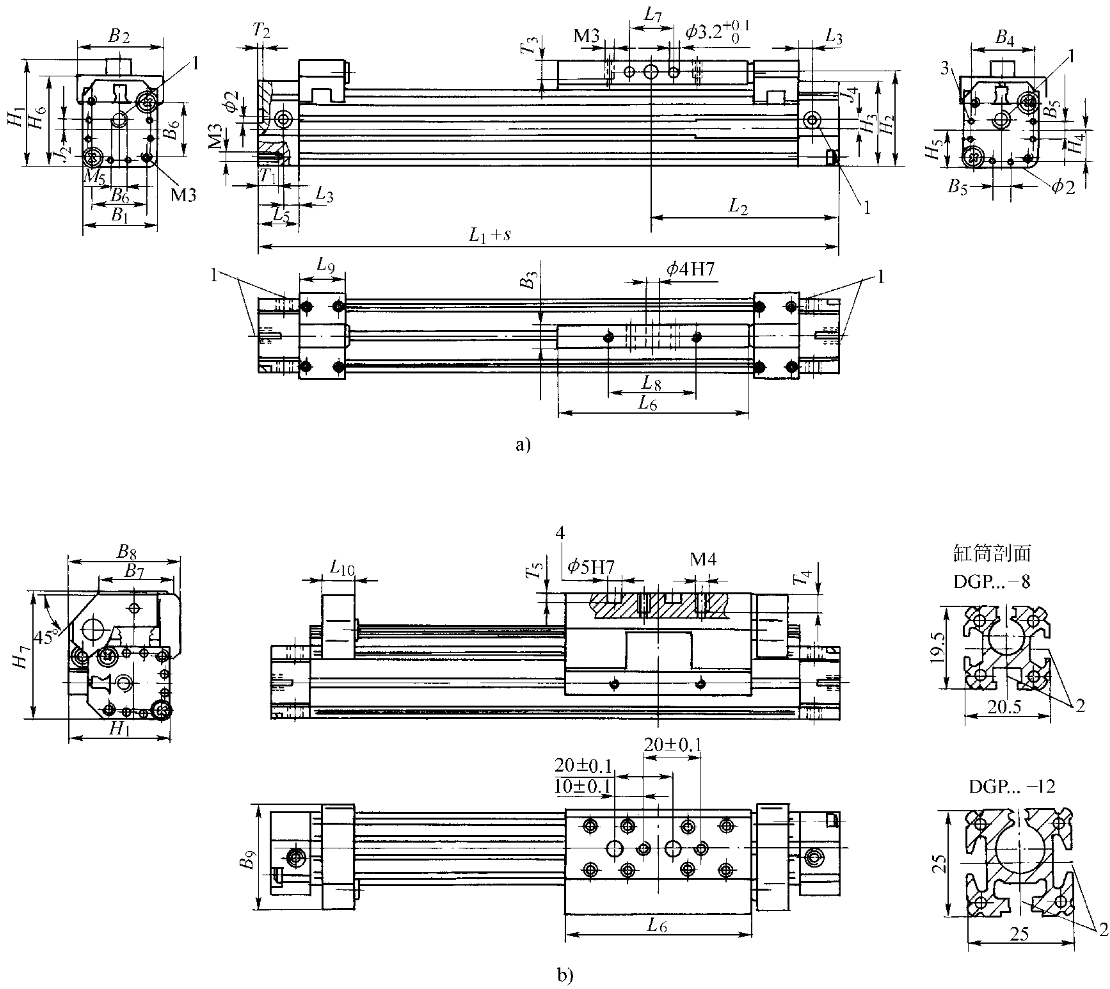
注：型号意义



（2）外形尺寸（见表23.4-129、图23.4-33～图23.4-36、表23.4-130）

表23.4-129 DGP-8～12-GK带标准驱动器和DGPL-8～12-GK-S带标准滑块的无杆气缸

（mm）



a）DGP-8～12-GK带标准驱动器 b）DGPL-8～12-GK-S带标准滑块

1—在端盖上的两个进气口 2—传感器（行程开关）安装槽 3—安装HP型脚架的安装孔

4—安装定位销ZBS-5的定位孔 s—气缸行程

缸径	B_1	B_2	B_3 ±0.1	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7
8	20.5	24	8	16	4	13	21.5	32	31.5	30	26.5	23.2	8	9.8	24.5	35.5
12	25	29	8	21	6	18.6	22	36.5	37	35.5	32	28.7	10.5	12.5	30	43.5

缸径	J_2	J_4	L_1	L_2	L_3	L_5	L_6	L_7 ±0.1	L_8 ±0.1	L_9	L_{10}	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
8	1	0.5	100	50	5.2	10.7	52	15	30	11.8	8	7	1.5	6	7	3
12	3.5	3.5	125	62.5	5.1	13.6	64	15	30	15.3	11	7	1.5	6	8.5	3

图 23.4-33 DGP-18-GK 带标准驱动器的无杆气缸
1—两个进排气口在气缸同一侧的端盖上，代号为 D_2 2—行程开关安装槽 3—安装脚架安装件 HP 的螺孔 4—可调缓冲调节螺钉 s—气缸行程

图 23.4-34 DGPL-18-GK-S 带标准滑块的无杆气缸
5—安装定位销 ZBS-5 的孔 s—气缸行程

图 23.4-35 DGP-25-GK 带标准驱动器的无杆气缸
1—两个进、排气口在气缸同一侧的端盖上，代号：D_2 2—行程开关安装槽 3—用于安装 HP 型安装件的螺孔 4—终端可调缓冲螺钉 s—气缸行程

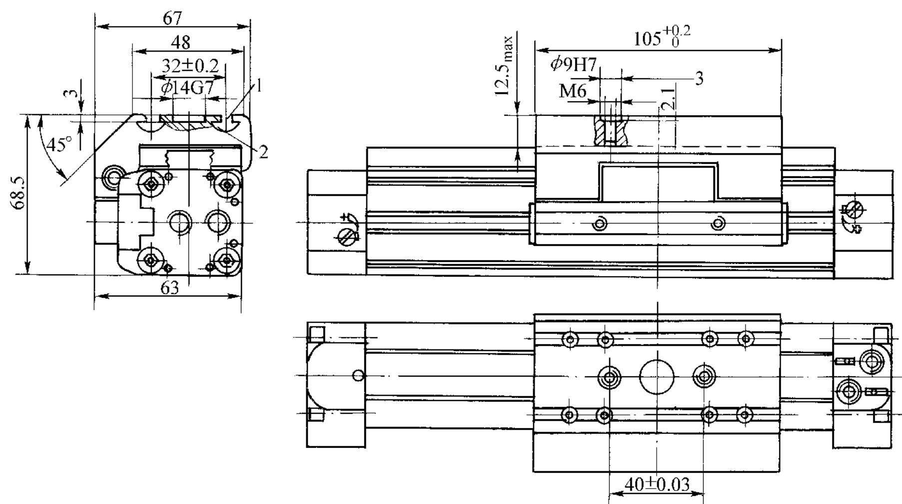


图 23.4-36　DGPL-25-GK-S 带标准滑块的无杆气缸
1—用于安装 NSTL-25 螺母的条形沟槽　2—用于定位套管 SLZZ 的定位孔
3—用于定位套管 ZBH-9 的定位孔

表 23.4-130　DGP、DGPL 系列带标准驱动器、标准滑块的无杆气缸　（mm）

DGP−80

DGP−32/−40/−50/−63

a)

b)

a）DGP-32～80-GK 带标准驱动器　b）DGPL-32～80-GK-S 带标准滑块

（续）

缸径	B_1	B_3 ±0.2	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9 ±0.2	B_{10}	D_2 ϕ	D_3 ϕ ±0.2	D_4	D_6	EE	H_1
32	54	19	46	21	40	63	79	47	20	4.3	5.2	M5	M5	G⅛	72
40	64	21	53	28	49	78.5	96.5	55	20	4.3	6.5	M6	M5	G¼	86
50	90	24	76	44	72	97	122	72	40	6.3	8.5	M8	M6	G¼	115
63	106	24	89	44	83	121	142	90	40	6.3	8.5	M8	M8	G⅜	131
80	130	36	—	—	—	151.5	88	112	40	—	12.2	M12	—	G½	174

缸径	H_2	H_3	H_4	H_5	H_7	J_1	J_2	J_3	J_4	L_1 +0.9 −0.2	L_2 +0.3 −0.6	L_3	L_4	L_5
32	66	62	23	27	77.5	19	4.2	14	4.7	250	125	17	8.5	31
40	78	71.8	26.5	32	90.5	22	5	21	9.1	300	150	11.5	11.5	31
50	106	99	36	45	122.5	31.8	6.8	29.3	6	350	175	14	14	34
63	122	115	44.5	53	144.5	36	8	31	14	400	200	14	14	34
80	158	140.5	—	65	175	36	8	33.3	3.6	520	260	19	19	45

缸径	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10} ±0.15	L_{15} ±0.1	L_{16} ±0.1	L_{17} ±0.2	L_{18} ±0.03	L_{19} ±0.03	T_1	T_2	T_3	T_4 max
32	135	50 ±0.1	100 ±0.1	30 ±0.1	—	160	230	131	40	—	13.2	3	7.5	12.5
40	171	70 ±0.1	130 ±0.1	40 ±0.1	—	220	—	167	40	40	13.2	4	10.5	12.5
50	206	80 ±0.1	150 ±0.1	50 ±0.1	—	250	350	202	40	40	15.2	6	12.5	18.5
63	234	110 ±0.1	190 ±0.1	70 ±0.1	—	310	430	230	40	40	21.2	6	12.5	20.5
80	334	180 ±0.15	230 ±0.15	115 ±0.15	60	—	—	320	40	40	—	—	19	27

注：1—进、排气口在气缸同一侧端盖上，代号 D_2（每端有三个面可选择设进、排气口）；2—HP型脚架安装孔；3—终端缓冲调节螺钉；4—用于定位套ZBH-9的定位孔；5—安装NSTL沟槽螺母的沟槽；6—SLZZ定位销用的定位孔；s—气缸行程。

（3）DGP、DGPL系列无杆气缸缸筒及沟槽螺母（见表23.4-131）

（4）DGP、DGPL系列无杆气缸安装件

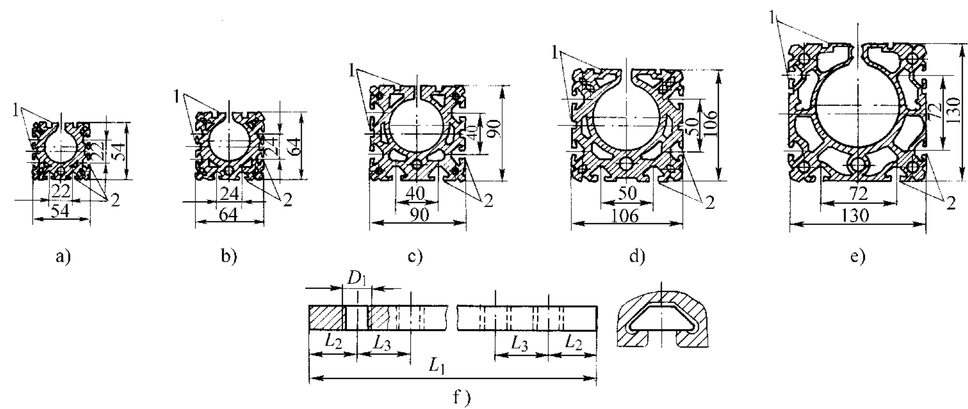
1）HP型脚架安装件（见表23.4-132a）。

2）中间支撑架MUP（见表23.4-132b）。

3）中间支撑架MUP数量的确定。按图23.4-37、图23.4-38由外加负载 F 与许用支点距离 l 的关系，可以确定中间支撑架MUP的数目。

4）KYP型缓冲器支架外形及安装尺寸（见表23.4-133）。

表 23.4-131　DGP、DGPL 系列无杆气缸缸筒及沟槽螺母　（mm）

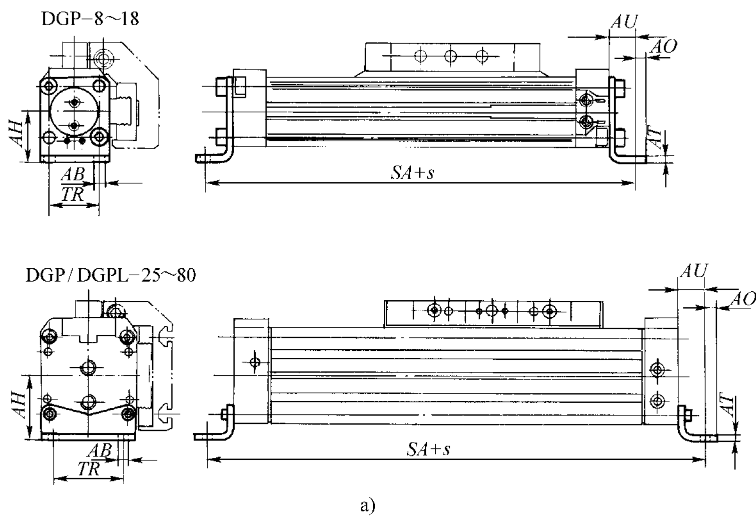


a）DGP-32　b）DGP-40　c）DGP-50　d）DGP-63　e）DGP-80　f）NSTL 沟槽螺母

型　号	D_1	L_1 ±0.5	L_2	L_3
NSTL-25	M5	104	15	15
NSTL-32	M5	130	15	15
NSTL-40	M5	166	25	20
NSTL-50	M8	201	25	20
NSTL-63	M8	229	30	35
NSTL-80	M8	319	30	35

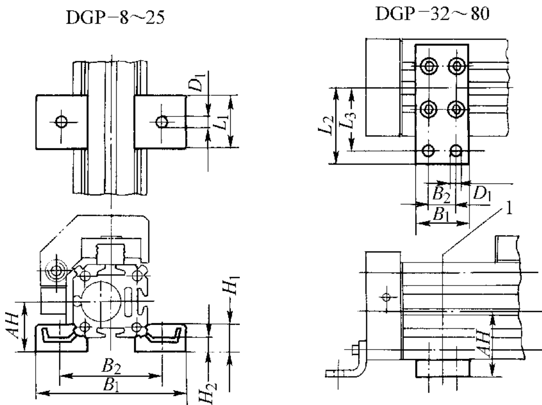
注：1—传感器(行程开关)安装槽。
　　2—安装 NSTL 沟槽螺母的沟槽。

表 23.4-132　HP 型脚架安装件、中间支撑架的外形及安装尺寸　（mm）



a）HP 型脚架安装件

（续）



b）中间支撑架 MUP

1—中间支撑架在缸筒侧面的定位可自由选择

型　号	AB ϕ	AH	AO	AT	AU	B_1	B_2	D_1 ϕ	H_1	H_2	L_1	L_2	L_3	SA	TR
DGP-8	3.4	13.8	3	2	9	40.5	28.5	3.5	8	4	15	—	—	118	13
DGP-12	3.4	16.5	3	2	9	46	34	3.5	8	4	15	—	—	143	18.6
DGP-18	5.5	24	4.8	3	13.2	70.5	47	5.5	13	7	25	—	—	176.5	24
DGP-25	5.5	29.5	6	3	13	81	58	5.5	13	7	25	—	—	226	32.5
DGP-32	6.6	37	7	4	17	35	22	6.6	—	—	—	41.5	35	284	38
DGP-40	6.6	46	8.5	5	17.5	35	22	6.6	—	—	—	47	40	335	45
DGP-50	9	61	11	6	25	50	26	11	—	—	—	70	58	400	65
DGP-63	11	69	13.5	6	28	50	26	11	—	—	—	77	65	456	75
DGP-80	13	85	12	8	28	50	26	11	—	—	—	88	76	576	72

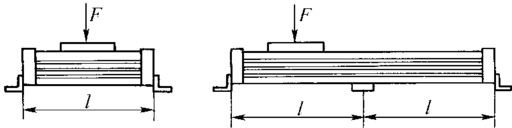


图 23.4-37　脚架安装中间支撑架 MUP 数量的确定

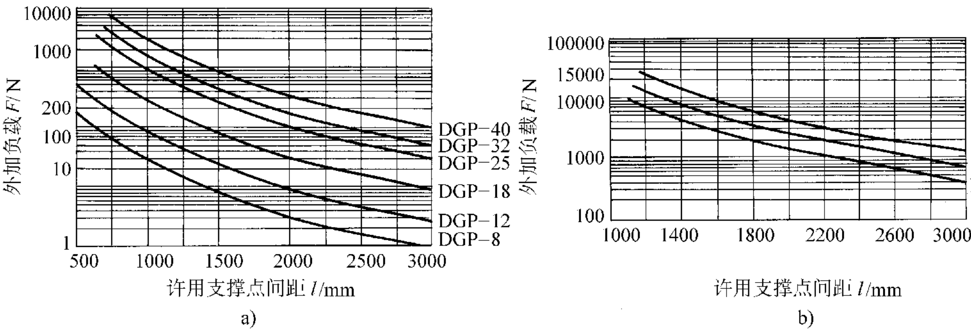
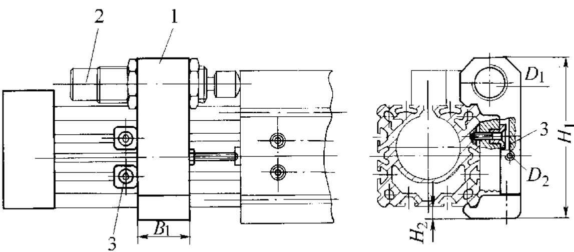


图 23.4-38　外加负载 F 与许用支撑点间距的关系

a）DGP-8～40　b）DGP-5～80

表 23.4-133　KYP 型缓冲器支架外形及安装尺寸　（mm）



型号	B_1	D_1	D_2	H_2	H_1	型号	B_1	D_1	D_2	H_2	H_1
DGPL-8	8	M8×1	M3	31.5	3	DGPL-40	32	M22×1.5	M5	102	8
DGPL-12	11	M8×1	M4	37	3	DGPL-50	35	M22×1.5	M8	124	10
DGPL-18	14	M12×1	M4	50.5	4.5	DGPL-63	44	M26×1.5	M10	152.5	11.5
DGPL-25	19	M16×1	M5	69.5	6	DGPL-80	44	M26×1.5	M10	179.5	11.5
DGPL-32	25	M16×1	M5	80	8						

注：1—缓冲器支架 KYP；2—缓冲器 YSR…-C；3—紧固螺钉(在供货范围内)。

（5）无杆气缸的许用载荷及转矩

1）许用载荷。根据气缸活塞的最大速度可由图 23.4-39 查出。

2）许用转矩，见表 23.4-134。

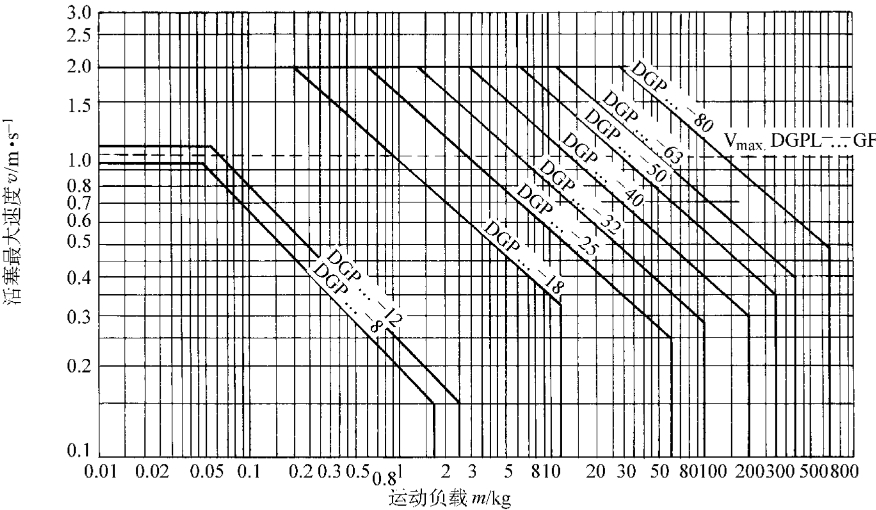
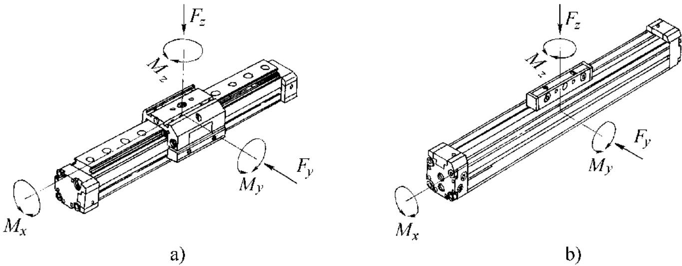


图 23.4-39　许用载荷与气缸活塞最大速度的关系

表 23.4-134　无杆气缸的许用转矩



a）DGP 型：GF：$v_{max}=1\mathrm{m/s}$；KF：$v_{max}=3\mathrm{m/s}$　b）DGPL 型：$v_{max}=3\mathrm{m/s}$；$a_{max}=50\mathrm{m/s^2}$

（续）

型号规格			无导轨 DGP								
			8	12	18	25	32	40	50	63	80
标准类型 DGP. . . -. . . -GK	重量引起的作用力	F_{ymax}/N	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		F_{zmax}/N	38	59	120	330	480	800	1200	1600	5000
	横向力矩	M_{xmax}/N·m	0.15	0.3	0.5	1	2	4	7	8	32
	轴向力矩	M_{ymax}/N·m	2	4	11	20	40	60	120	120	750
	力矩	M_{zmax}/N·m	—	—	1	3	5	8	15	24	140
型号规格			滑动轴承导轨 DGPL-. . . -GF①								
			8	12	18	25	32	40	50	63	80
标准类型 DGP. . . -. . . -GK	重量引起的作用力	F_{ymax}/N	150	300	340	430	430	1010	1010	2000	2000
		F_{zmax}/N	150	300	340	430	430	1010	1010	2000	2000
	横向力矩	M_{xmax}/N·m	0.5	1.3	2.2	5.4	8.5	23	32	74	100
	轴向力矩	M_{ymax}/N·m	2	5	10	14	18	34	52	140	230
	力矩	M_{zmax}/N·m	2	5	10	14	18	34	52	140	230
型号规格			滚珠轴承导轨 DGPL-. . . -KF								
			8	12	18	25	32	40	50	63	80
标准类型 DGP. . . -. . . -GK	重量引起的作用力	F_{ymax}/N	255	565	930	3080	3080	7300	7300	14050	14050
		F_{zmax}/N	255	565	930	3080	3080	7300	7300	14050	14050
	横向力矩	M_{xmax}/N·m	1	3	7	45	63	170	240	580	745
	轴向力矩	M_{ymax}/N·m	3.5	9	23	85	127	330	460	910	1545
	力矩	M_{zmax}/N·m	3.5	9	23	85	127	330	460	910	1545

① 所有滑块/滚动轴承导轨的气动直线驱动单元 DGPL. . . 参数都基于运行速度为0.2m/s。

1.7.7 ADVUT系列双作用倍力气缸

（1）工作原理

ADVUT倍力气缸是由2个、3个或4个相同缸径和行程的ADVU紧凑型气缸串联而成。它的推力是一个气缸的2倍、3倍、4倍；它的拉力为一个气缸的拉力(见图23.4-40)。

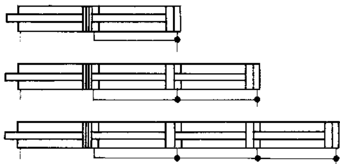


图23.4-40 倍力气缸工作原理图

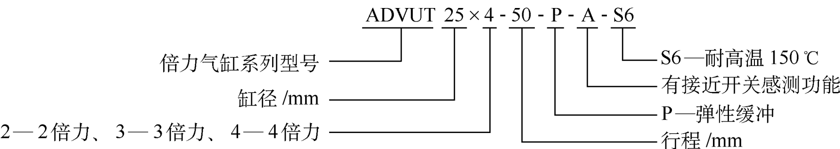
（2）技术规格(见表23.4-135)

表23.4-135 ADVUT系列双作用倍力气缸技术规格

最大许用工作压力/MPa	1.0				
温度范围/℃	-20~80（应考虑行程开关工作温度范围）				
缸径/mm	0.6MPa时推力/N			0.6MPa时拉力/N	连接尺寸
	2个气缸	3个气缸	4个气缸		
25	542	789	1036	247	M5
40	1440	2126	2812	686	M5
63	3620	5370	7120	1750	G⅛
100	9130	13548	17966	4418	G¼
行程范围/mm	1~150				

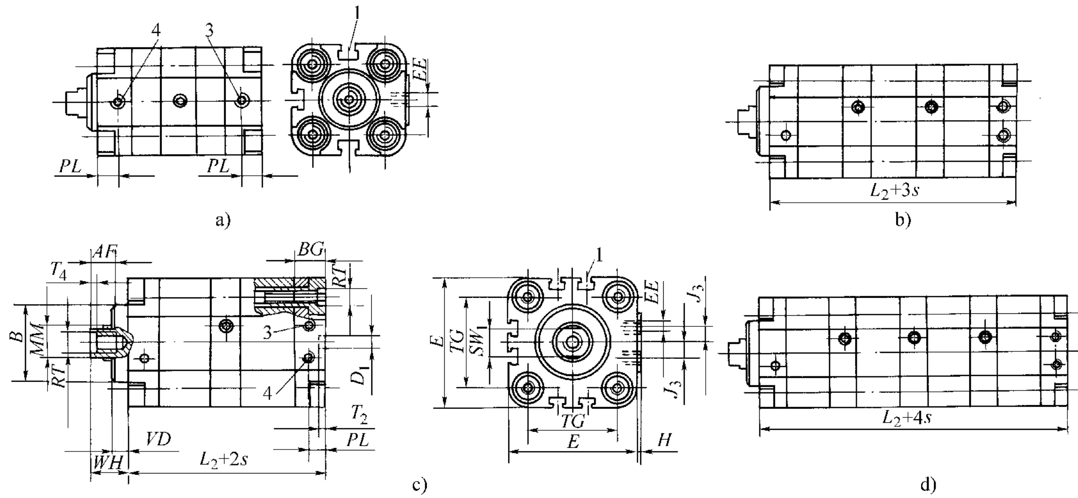
注：1. 理论最小工作压力：2个活塞的ADVUT型气缸，最小工作压力为0.11MPa。每增加一个活塞，最小压力增加0.03MPa，因此对于4个气缸2ADVUT，最小工作压力是0.17MPa。

2. 型号意义



（3）外形尺寸(见表 23.4-136)

表 23.4-136　ADVUT 系列双作用倍力气缸外形尺寸　（mm）



a）ADVUT-25-P-A　b）ADVUT-X3-P-A　c）ADVUT-40～100-P-A
ADVUT-X2-P-A　d）ADVUT-X4-P-A
1—传感器(行程开关)安装槽　3—活塞杆伸出供气口　4—活塞杆缩回供气口

缸径	AF	B ϕ	BG	D_1 ϕ H9	E	EE	H	J_3	L_2 ×2	L_2 ×3	L_2 ×4	MM ϕ	PL	RT	T_2 -0.2	T_4	TG	VD	WH	SW_1 h13
25	10	22	11	6	40	M5	1.5	—	78	110.5	143	10	8	M5	4	2	26	4	11.5	9
40	12	35	15	6	60	M5	2.5	7.5	90.5	128.5	166.5	16	8	M6	4	2.6	42	7	16.5	13
63	16	42	23	8	87	G⅛	4	10.5	100.5	143	185.5	20	8	M10	4	3.3	62	11.5	21.5	17
100	20	55	23	8	128	G¼	5	14.5	135.5	193.5	251.5	25	10.5	M10	4	6.1	103	15	27	22

1.7.8　ADVUP 系列双作用多位气缸

（1）工作原理

1）ADVUP 系列双作用成品多位气缸。FESTO 公司提供 ADVUP 多位气缸成品产品，其主要是三个行程位置(见图 23.4-41)，即原点 X_1，X_2，其中 X_2 必须大于 X_1。

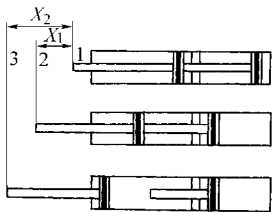


图 23.4-41　ADVUP 成品多位气缸位置

2）由 DPVU 连接组件组成的多位气缸(非成品)。用户按设计要求，可根据 FESTO 公司提供的 DPVU 组件，把两个独立气缸装配成三个行程位置或四个行程位置的多位气缸(见表 23.4-137)。当两个行程长度相同时，则有三个行程位置(因行程 1 和行程 2 在同一位置上)；当两个行程位置不同时，则有四个行程位置。

（2）技术规格(见表 23.4-138、23.4-140)

（3）外形尺寸(见表 23.4-139、23.4-140)

表 23.4-137　由 DPVU 组件组成的多位气缸(非成品)

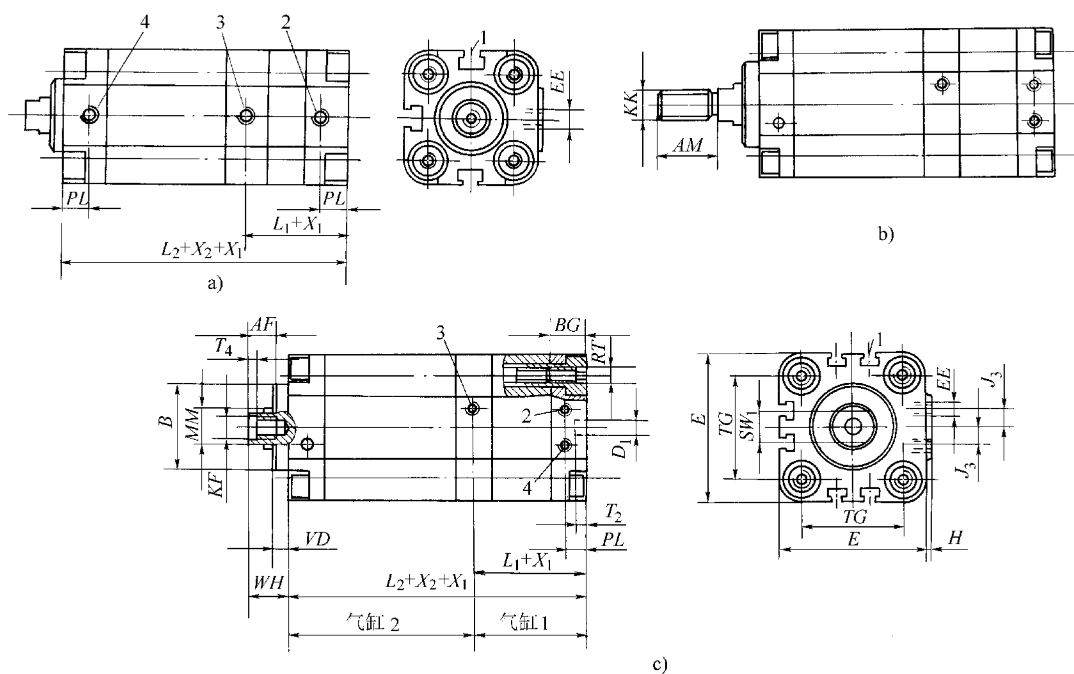
位置	A	B	C	D	说　明
位置 1(原点)	1	0	0	1	左、右杆均缩回
位置 2	0	1	0	1	左杆伸出，缸筒右移
位置 3	1	0	1	0	右杆伸出，缸筒左移
位置 4	0	1	1	0	左右杆均伸出，缸筒右移

表 23.4-138　ADVUP 系列双作用成品多位气缸主要技术规格

缸径/mm	25	40	63	100
行程范围/mm	$(X_1+X_2)<2000$			
工作介质	过滤压缩空气(润滑或未润滑)			
保证耐压/MPa	1.5			
最高使用压力/MPa	1.0			

缸径/mm	25	40	63	100
温度范围/℃	-20~80			
活塞速度	同 ADVU 气缸			
缓冲型式	同 ADVU 气缸			
接近开关	SME8/SMT8			
接管螺纹	M5	G1/8	G1/8	G1/4

表 23.4-139　ADVUP 系列双作用成品多位气缸外形尺寸　(mm)



a) ADVUP-25-P-A　b) ADVUP-25~100-P-A　c) ADVUP-40~100-P-A

1—传感器(行程开关)安装槽　2—活塞杆 1 伸出供气口　3—活塞杆 2 伸出供气口

4—经活塞 2 返回供气口　X_1、X_2—气缸 1 和气缸 2 的行程

缸径	*AF*	*AM*	*B* ϕ	*BG*	D_1 ϕ H9	*E*	*EE*	*H*	J_3	*KF*	*KK*
25	10	22	22	11	6	40	M5	1.5	—	M5	M10×1.25
40	12	24	35	15	6	60	M5	2.5	7.5	M8	M12×1.25
63	16	32	42	23	8	87	G1/8	4	10.5	M10	M16×1.5
100	20	40	55	23	8	128	G1/4	5	14.5	M12	M20×1.5

缸径	L_1	L_2	*MM* ϕ	*PL*	*RT*	T_2 -0.2	T_4	*TG*	*VD*	*WH*	SW_1 h13
25	39	78	10	8	M5	4	2	26	4	11.5	9
40	45.3	90.5	16	8	M6	4	2.6	42	7	16.5	13
63	50.3	100.5	20	8	M10	4	3.3	62	11.5	21.5	17
100	67.8	135.5	25	10.5	M10	4	6.1	103	15	27	22

表 23.4-140　由 DPVU 连接组件组成的多位气缸(非成品)型号及行程　　(mm)

DPVU 连接组件

缸径	型　号	厚度	最大总行程
12	DPVU-12/16	12.5	400
16	DPVU-12/16	12.5	400
20	DPVU-20	12.5	400
25	DPVU-25	13	400
32	DPVU-32	14.5	600
40	DPVU-40	14.5	600
50	DPVU-50	14.5	600
63	DPVU-63	14.5	600
80	DPVU-80	16.5	800
100	DPVU-100	19.5	800

1.7.9　DPZ、SPZ 系列双活塞气缸、滑台

(1) 工作原理

DPZ、DPZJ 系列气缸是由双活塞的活塞杆经连接板相连推动负载运动，其作用力比一般同规格气缸大一倍，而且有防活塞杆扭转作用(见图 23.4-42a、b)。SPZ 系列气缸两端的双活塞杆与连接板相连并固定不动，由滑台(气缸筒)带动负载运动(见图 23.4-42c)。

(2) 技术规格(见表 23.4-141)

(3) 外形尺寸(见表 23.4-142 ~ 表 23.4-145)

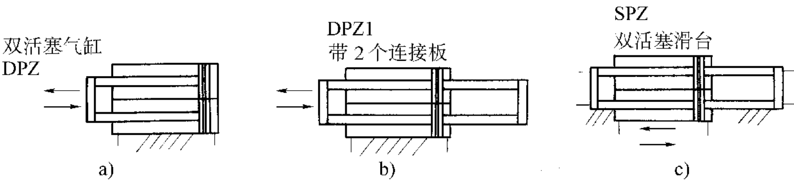


图 23.4-42　双活塞气缸、滑台工作原理

表 23.4-141　DPZ、SPZ 系列双活塞气缸、滑台技术规格

名称、型号			双活塞气缸 DPZ、DPZJ					双活塞滑台 SPZ			
最高工作压力/MPa			1.0								
温度范围/℃			-20 ~ 80(注意行程开关温度范围)								
缸径 /mm	气口接管螺纹	行程 /mm	0.6① MPa 时推力 /N	0.6① MPa 时回程力 /N	连接板上的许用负载 /N	连接板上的许用扭矩 /N·m	允许② 冲击能量 /J	0.6① MPa 时推力 /N	0.6① MPa 时回程力 /N	连接板上的许用负载 /N	连接板上的许用扭矩 /N·m
10	M5	10	94	60	8	0.13	0.08	60	60	22	0.37
		25			6	0.10				17	0.29
		40			5	0.08				14	0.23
		50			4	0.07				12	0.21
16	M5	10	242	180	21	0.40	0.15	180	180	79	1.54
		25			16	0.31				63	1.22
		40			13	0.25				51	0.99
		50			12	0.23				45	0.87
		80			9	0.17				32	0.62
		100			8	0.15				26	0.51
20	M5	10	376	282	28	0.65	0.2	282	282	139	3.17
		25			22	0.51				112	2.56
		40			18	0.42				92	2.11
		50			17	0.38				82	1.87
		80			13	0.29				60	1.36
		100			11	0.25				49	1.12
25	M5	10	590	452	43	1.07	0.3	452	452	196	4.83
		25			34	0.83				162	3.98
		40			28	0.68				135	3.33
		50			25	0.61				121	2.98
		80			19	0.46				90	2.21
		100			16	0.40				75	1.86

（续）

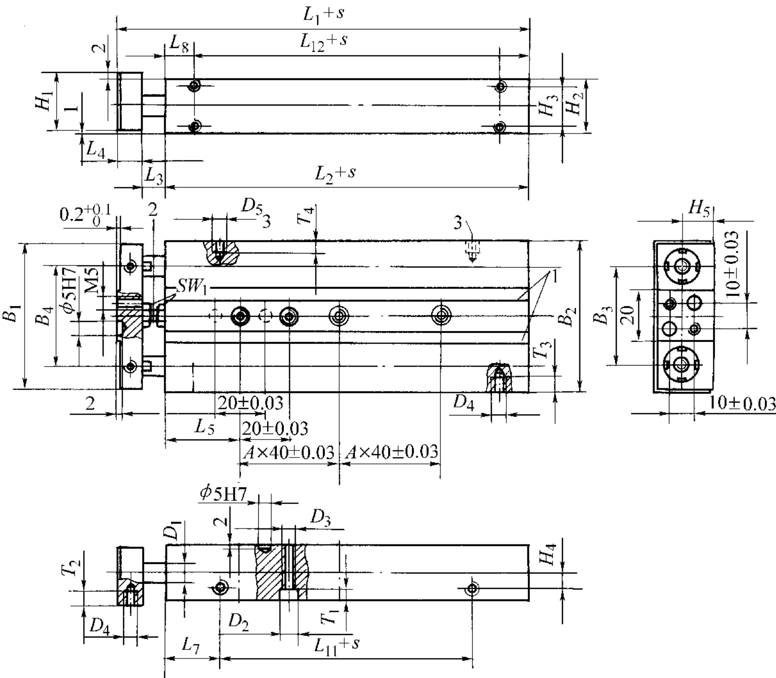
名称、型号			双活塞气缸 DPZ、DPZJ					双活塞滑台 SPZ			
最高工作压力/MPa			1.0								
温度范围/℃			-20～80(注意行程开关温度范围)								
缸径/mm	气口接管螺纹	行程/mm	0.6[1] MPa 时推力/N	0.6[1] MPa 时回程力/N	连接板上的许用负载/N	连接板上的许用扭矩/N·m	允许[2]冲击能量/J	0.6[1] MPa 时推力/N	0.6[1] MPa 时回程力/N	连接板上的许用负载/N	连接板上的许用扭矩/N·m
32	G⅛	10	966	724	104	2.97	0.5	724	724	350	11.72
		25			85	2.43				350	11.72
		40			72	2.06				329	9.38
		50			65	1.87				295	8.42
		80			51	1.46				220	6.28
		100			45	1.27				185	5.28

注：型号意义参见表 23.4-119、表 23.4-128。

① 理论值。

② 超过表中值可选用 YSRA 系列液压缓冲器。

表 23.4-142　DPZ-10、16 双活塞气缸外形尺寸　　(mm)



1—行程开关安装槽　2—用于行程调节的止动螺钉(最大 10mm)　3—进气口　s—行程
安装孔数 A 的确定：$s<30$mm　$A=2$，$s>30$mm　$A=3$，$s>70$mm　$A=4$

缸径	B_1	B_2	B_3	B_4	D_1 ϕ	D_2 ϕ	D_3	D_4	D_5	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
10	48	50	33	28	6	7.5	M5	M4	M5	20	19	13	4.5	11.5
16	58	60	39	40	8	7.5	M5	M4	M5	23	22	16	6	13

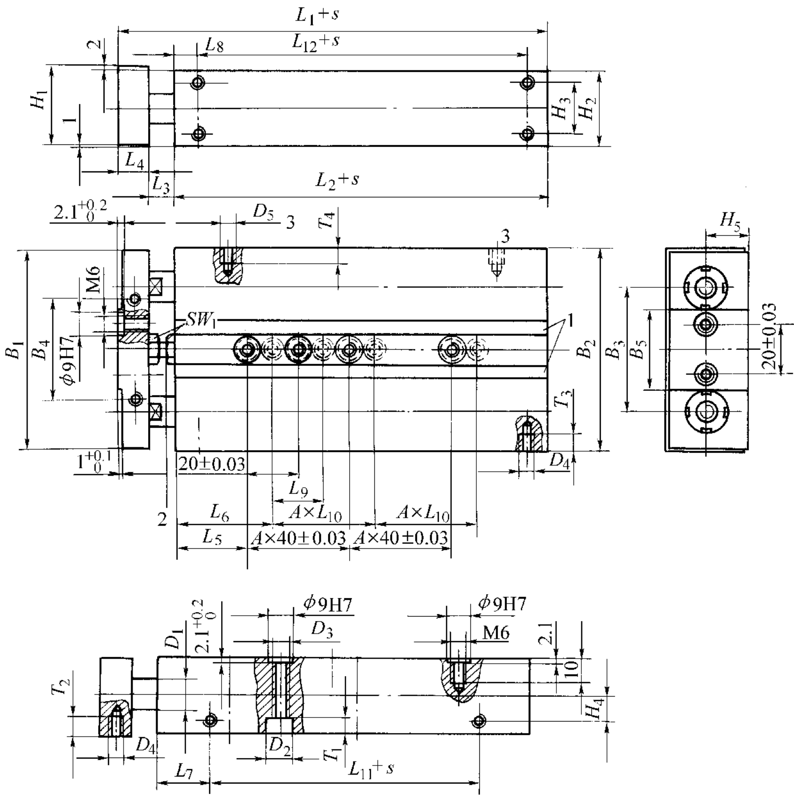
缸径	L_1		L_2		L_3	L_4	L_5	L_7	
	...-P-A	...-KF	...-P-A	...-KF				...-P-A	...-KF
10	89.6	100	71.6	82	8	10	30	23.4	40.7
16	93.6	107	74.6	88	9	10	30	22	38.9

（续）

缸径	L_8		L_{11}		L_{12} ±0.2		SW_1	T_1	T_2	T_3	T_4
	...-P-A	...-KF	...-P-A	...-KF	...-P-A	...-KF					
10	13.1	30.8	24.8	24.4	45.4	44.2	7	4.4	6	5	5
16	11.6	25.5	30.6	30.6	51.4	54.4	8	4.4	5.5	6.5	5

注：DPZ....-P-A 和 DPZ-P-A-KF 分别为：弹性缓冲、有接近开关检测功能的滑动轴承和滚动轴承双活塞气缸。

表 23.4-143　DPZ-20、25、32 双活塞气缸外形尺寸　（mm）



1—行程开关安装槽　2—用于行程调节的止动螺钉（最大 10mm）　3—进气口　s—行程

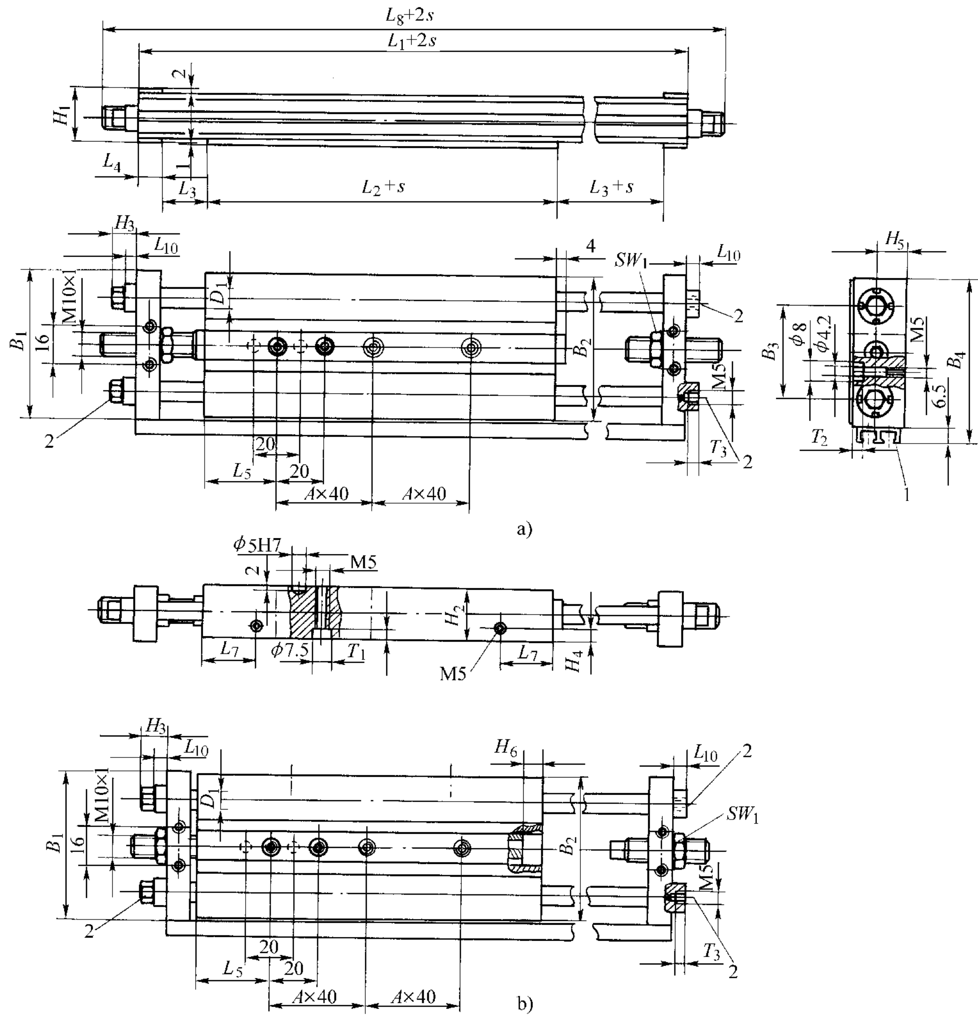
安装孔数 A 的确定：$s<30$mm　$A=2$，$s>30$mm　$A=3$，$s>70$mm　$A=4$

缸径	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	D_1 ϕ	D_2 ϕ	D_3	D_4	D_5	H_1	H_2	H_3	H_4
20	70	72	45.6	40	32	10	9	M6	M5	M5	25	24	16	7
25	78	80	49.2	40	32	12	10.5	6.4	M5	M5	31	30	20	10
32	96	98	57	40	35	16	10.5	6.4	M6	G⅛	39	38	26	11.5

缸径	H_5	L_1		L_2		L_3	L_4	L_5	L_6	L_7		L_8	
		...-P-A	...-KF	...-P-A	...-KF					...-P-A	...-KF	...-P-A	...-KF
20	14	98.6	115	76.6	93	10	12	30	—	22.8	43.4	12.9	33.5
25	17	98.6	116	76.6	94	10	12	28	38	20.2	40	8.7	28.8
32	21	110.1	130	80.1	100	15	15	35	45	25	44.9	10	26

缸径	L_9 ±0.03	L_{10} ±0.03	L_{11}		L_{12} ±0.2		SW_1	T_1	T_2	T_3	T_4
			...-P-A	...-KF	...-P-A	...-KF					
20	—	—	31	30.7	50.8	50.5	10	5.4	6.5	7	6
25	20	40	36.2	33.8	59.2	56.5	10	6.4	8	7	6
32	20	40	30.1	30.1	60.1	64	10	6.4	8	9	9

表 23.4-144 SPZ-10、16 双活塞滑台外形尺寸 (mm)



a) SPZ-10、16-P-A(滑动轴承) b) SPZ-10、16-P-A-KF(滚动轴承)

1—行程开关安装槽 2—进气口(左右可选) s—行程

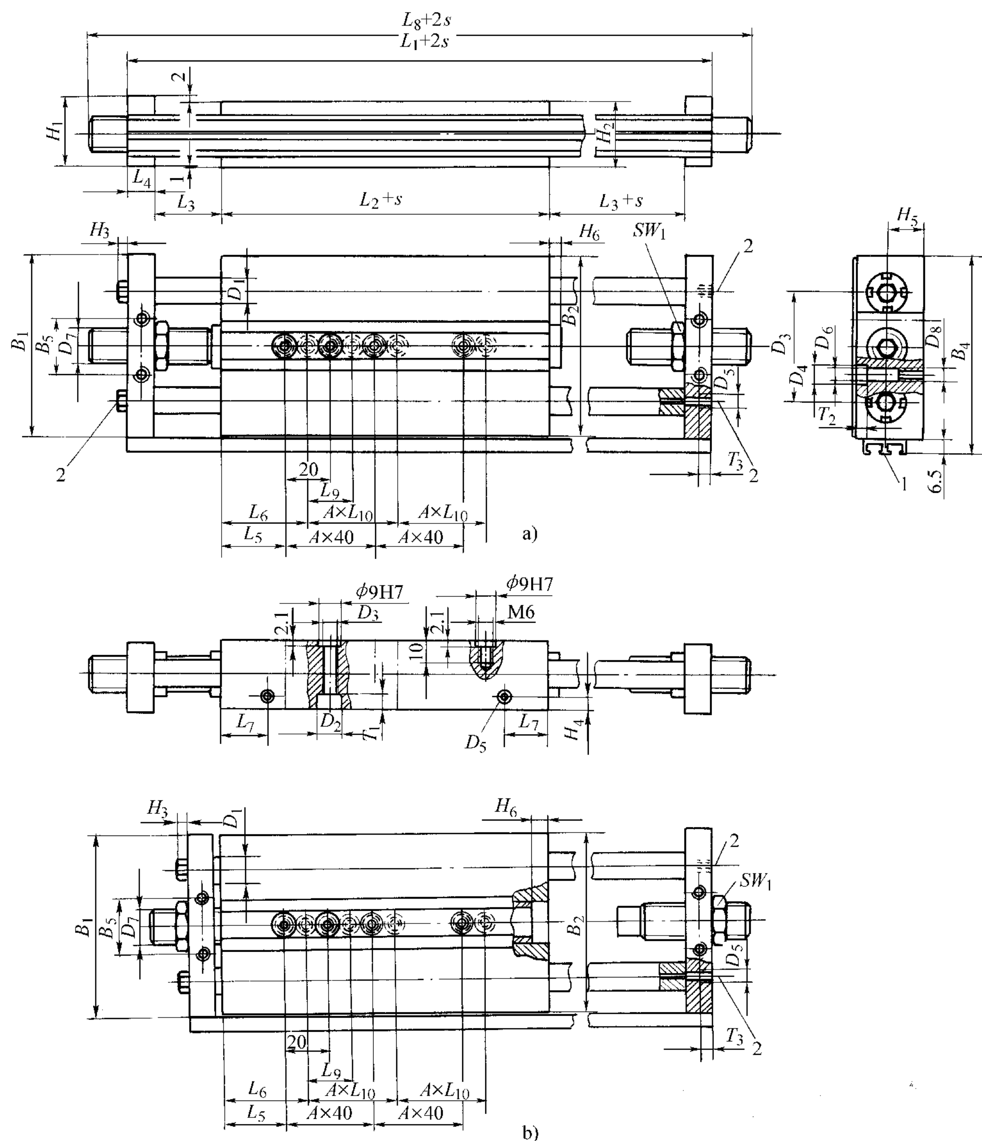
安装孔数 A 的确定:$s<30$mm $A=2$,$s>30$mm $A=3$,$s>70$mm $A=4$

缸径	B_1	B_2	B_3	B_4	D_1 ϕ	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	L_1	L_2	L_3
10	52	50	33	58.5	6	20	19	10	4.5(5)	11.5	129.6	71.6(107.6)	19(1)
16	62	60	39	68.5	8	23	22	11	6(5)	13	132.6	74.6(106.6)	19(3)

缸径	L_4	L_5	L_7	L_8	L_{10}	SW_1	T_1	T_2	T_3
10	10	30	23.4(40.7)	159.6(159.6)	4.5	13	4.4	3.4	5
16	10	30	22(38.9)	162.6(158.6)	5.5	13	4.4	4.6	4.5

注:括号中的值为 SPZ-10、16-P-A-KF 的尺寸。

表 23.4-145　SPZ-20、25、32 双活塞滑台外形尺寸　（mm）



a）SPZ-20、25、32-P-A（滑动轴承）　b）SPZ-20、25、32-P-A-KF（滚动轴承）

1—行程开关安装槽　2—进气口（左右可选）　s—行程

安装孔数 A 的确定：$s<30$mm　$A=2$，$s>30$mm　$A=3$，$s>70$mm　$A=4$

缸径	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	D_1 ϕ	D_2 ϕ	D_3	D_4 ϕ	D_5	D_6 ϕ	D_7	D_8	H_1	H_3	H_4	H_5	H_6
20	74	72	45.6	80.5	23	10	9	M6	9.5	M5	5.2	M12×1	M6	25	5	7(5)	14	4(6.5)
25	82	80	49.2	88.5	25	12	10.5	6.4	9.5	M5	5.2	M16×1	M6	31	5	10(5)	17	4.5(7.5)
32	100	98	57	106.5	24	16	10.5	6.4	10.5	G⅛	6.2	M16×1	M8	39	—	11.5(7.5)	21	4.5(7.5)

缸径	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	SW_1	T_1	T_2	T_3
20	146.6	76.6(120.6)	23(1)	12	30	—	22.8(43.4)	178.6(184.6)	—	—	15	5.4	5	6
25	160.6	76.6(130.6)	30(3)	12	28	38	20.2(40)	194.6(202.6)	20	40	19	6.4	5	6
32	170.1	80.1(134.1)	30(3)	15	35	45	25(44.9)	204.1(206.1)	20	40	19	6.4	6.5	10

注：括号中的值为 SPZ-20、25、32-P-A-KF 的尺寸。

（4）安装方式（见图23.4-43）

双活塞气缸（DPZ）、双活塞滑台（SPZ）安装孔之间应有20mm或40mm距离，以便于安装到多轴系统中去。

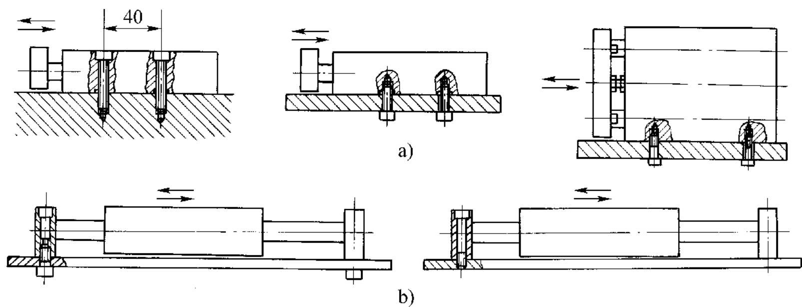


图23.4-43　双活塞气缸、双活塞滑台的安装方式

a）双活塞气缸（DPZ）　b）双活塞滑台（SPZ）

1.7.10　DRQ齿轮齿条式摆动气缸

（1）技术规格

1）DRQ齿轮齿条摆动气缸技术规格（见表23.4-146）

2）齿轮齿条摆动气缸的摆动调节范围（见表23.4-147、表23.4-148）

（2）外形尺寸（见表23.4-149）

（3）DRQ齿轮齿条摆动气缸安装尺寸（见表23.4-150）

表23.4-146　DRQ齿轮齿条摆动气缸技术规格

缸径/mm		16	20	25	32	40	50	63	80	100
工作方式		双作用								
结构特点		带齿轮齿条驱动的摆动气缸								
安装方式		任意								
缓冲型式		终端缓冲，两端都可调								
工作压力/MPa		0.25～1								
介质		过滤压缩空气，润滑或未润滑								
温度范围/℃		-10～60								
连接尺寸		M5	M5	M5	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2
0.6MPa时扭矩/N·m		0.5	1	2.5	5	9	19	37	75	150
最大摆动频率①/Hz	90°	4.0	3.4	2.6	2.8	2.2	2.6	1.5	1.7	0.9
	180°	2.8	2.0	1.6	1.6	2.3	2.1	1.1	1.3	0.6
	270°	2.0	1.3	1.1	1.1	1.8	1.5	0.7	1.0	0.5
	360°	1.5	1.0	0.7	0.9	1.2	1.2	0.6	0.9	0.4
最大许用径向载荷②/N		60	80	100	120	60	200	300	800	1500
最大许用轴向载荷②/N		60	80	100	120	150	300	500	1000	1500
最大许用转动惯量②/$kg\cdot m^2$		2×10^{-4}	3.5×10^{-4}	7.8×10^{-4}	20×10^{-4}	50×10^{-4}	160×10^{-4}	400×10^{-4}	1200×10^{-4}	2000×10^{-4}
缓冲长度/mm		6.3	8.2	10.4	13.5	21	23	23	30	30

① 在最大许用转动惯量时运动一个周期（0°→X°→0°）。

② 最大频率时，作用于驱动轴上的值。

注：型号意义：

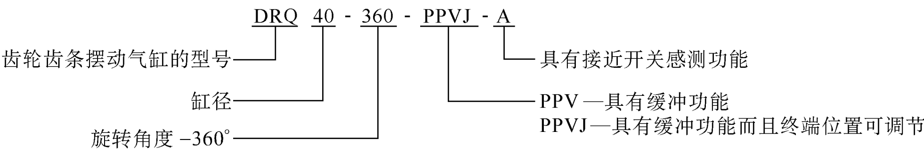


表 23. 4-147　DRQ-PPV-A 系列齿轮齿条气缸的摆角和最大安全角

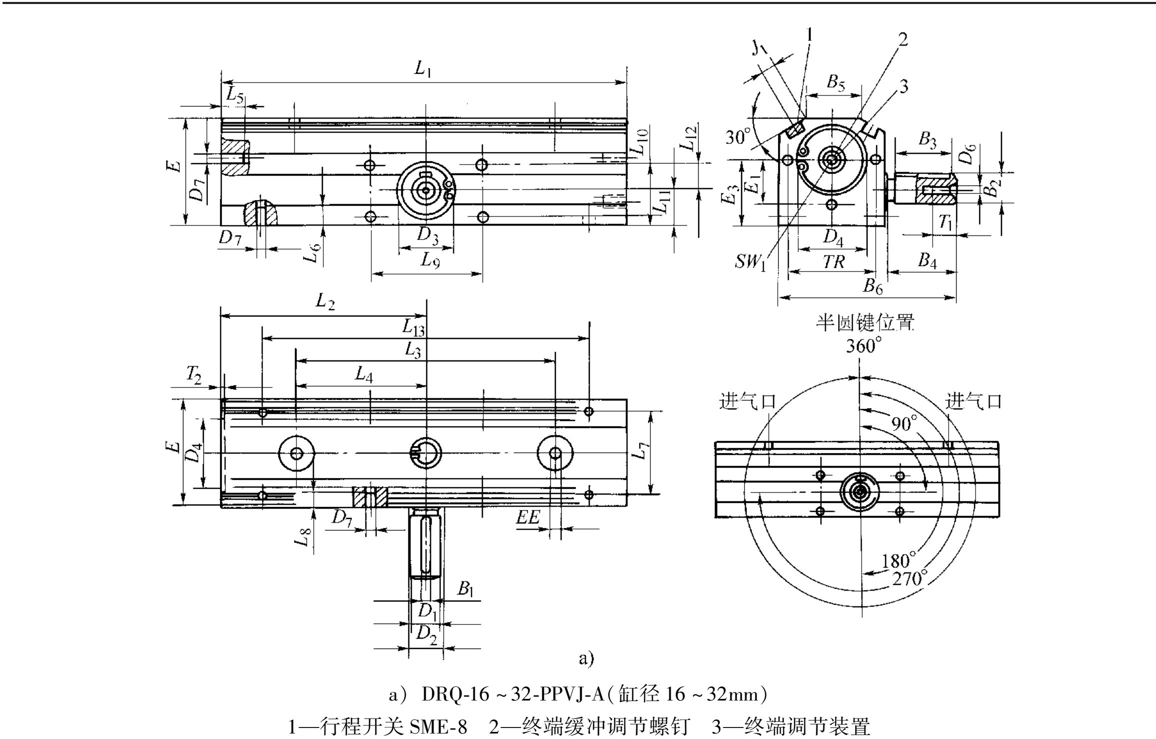
缸径/mm	安全角 W/(°)
40	8
50	6
63	4
80	4
100	3

注：安全角是指气缸有超出额定摆角的最大角度。

表 23. 4-148　DRQ-PPVJ-A 系列齿轮齿条摆动气缸的额定摆角和最大安全角范围

缸径/mm	安全角 W_1/(°)	缸径/mm	安全角 W_1/(°)	缸径/mm	安全角 W_1/(°)
16	-4 ~ 4	32	-5 ~ 5	63	-12 ~ 12
20	-4 ~ 4	40	-4 ~ 5	80	-12 ~ 10
25	-5 ~ 5	50	-7 ~ 8	100	-8 ~ 8

表 23. 4-149　DRQ-PPVJ-A 系列齿轮齿条摆动气缸的外形尺寸　　(mm)



a) DRQ-16 ~ 32-PPVJ-A（缸径 16 ~ 32mm）

1—行程开关 SME-8　2—终端缓冲调节螺钉　3—终端调节装置

（续）

b）DRQ-40～100-PPVJ-A（缸径40～100mm）

1—行程开关SMEO-1，SMTO-1和SMPO-1，带安装组件SMB-1（SMPO-1-H-B仅用于40mm、50mm的缸径）

2—终端缓冲调节螺钉　3—终端调节装置

缸径	B ϕ h10	B_1 H9	B_2 最大	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1 ϕ g6	D_2 ϕ K6	D_6	D_7	E	E_1	E_3
16	—	2	8.8	16	20	17	57	8	10	M3	M5	36	13.8	22.5
20	—	3	11.2	18	23	19	66	10	12	M3	M5	42	15.8	26.7
25	—	4	13.5	25	30	23	77	12	15	M4	M5	46	19	28.9
32	—	4	13.5	25	30	24	87	12	17	M4	M5	56	23	33.5
40	33	5	18	36	40	36	110	16	20	M5	M6	66	68	40
50	39	6	22.5	45	50	44.5	137	20	25	M6	M6	83	85	50
63	46	6	24.5	45	50	55	158	22	25	M8	M8	104	106	64
80	46	8	31	56	60	67	192	28	30	M12	M8	127	130	80
100	50	10	38	70	80	82.5	242.5	35	40	M12	M10	157	160	98

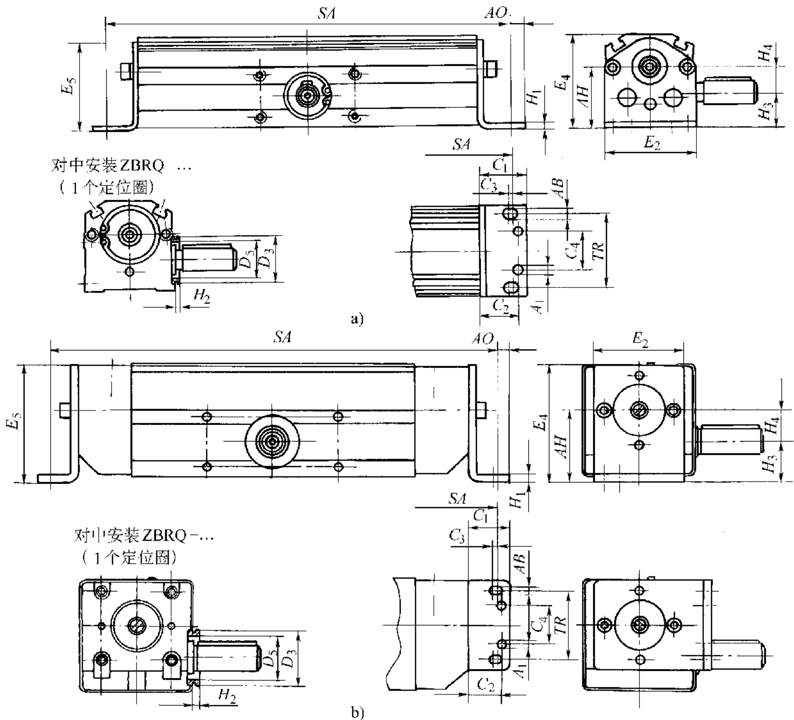
缸径/mm	摆动角/（°）	L_1 最大（PPV）	L_1 最大（PPVJ）	L_2 最大（PPV）	L_2 最大（PPVJ）	L_3	L_4	L_5	L_8 最大（PPV）	L_8 最大（PPVJ）	L_{13}
16	90	—	137	—	68.5	92.2	46.1	10	—	5.5	105
	180		153		76.5	108.2	54.1				121
	270		176		88.6	131.2	66.2				144
	360		184		91.9	139.2	69.5				152
20	90	—	142	—	71	90.8	45.4	10	—	5.5	110
	180		160		80	108.8	54.4				128
	270		189		95.3	137.8	69.7				157
	360		198		99	146.8	73.4				166
25	90	—	172	—	86	110.4	55.2	10	—	5.5	139
	180		197		98.5	135.4	67.7				164
	270		235		118.5	173.4	88				202
	360		248		124	186.4	93.2				215
32	90	—	228	—	114	143.8	71.9	10	—	7.5	196
	180		259		129.5	174.8	87.4				227
	270		306		154.7	221.8	112.6				274
	360		322		161	237.8	118.9				290
40	90	264.4	279	132.3	139.6	18	4	194	255.4	254.6	174
	180	303.4	318	151.8	159.1			233	294.4	293.6	213
	270	362.4	378	184	191.3			293	354.4	353.6	270
	360	382.4	397	191.3	198.6			312	373.4	372.6	292

（续）

缸径/mm	摆动角/(°)	L_1 最大(PPV)	L_1 最大(PPVJ)	L_2 最大(PPV)	L_2 最大(PPVJ)	L_3	L_4	L_5	L_8 最大(PPV)	L_8 最大(PPVJ)	L_{13}
50	90	307.2	327.2	153.7	163.7	26	5	215	296.2	295	195
	180	356.2	376.2	178.2	188.2			264	345.2	344	244
	270	431.2	451.2	217.2	227.2			339	420.2	419	316
	360	455.2	475.2	227.2	237.7			363	444.2	443	343
63	90	364.4	392.4	182.3	196.3	36.5	6	245	351.4	351	215
	180	427.4	455.4	213.8	227.8			308	414.4	414	278
	270	521.4	549.4	263.8	274.8			402	508.4	508	366
	360	553.4	581.4	276.8	290.8			434	540.4	540	404
80	90	443.4	495.2	221.8	247.7	41	6	310	430.4	450	280
	180	521.4	573.2	260.8	286.7			388	508.4	528	358
	270	639.4	691.2	323.8	349.7			506	626.4	646	468
	360	678.4	730.2	339.3	365.2			545	665.4	685	515
100	90	506.6	558.2	253.4	278.2	38	11	363	483.6	483	323
	180	609.6	659.2	304.9	329.7			466	586.6	586	426
	270	765.6	815.2	389.9	417.7			622	742.6	742	568
	360	817.6	867.2	408.9	433.7			674	794.6	794	634

缸径/mm	EE	J_1	J_2	L_6	L_7	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	SW_1	T_1	T_2	TR
16	M5	5	—	8	28	40	19	13.7	9.5	8	9	1.3	27.5
20	M5	5.5	—	8	32	45	22	16	11	8	9	1.8	31.5
25	M5	6.5	—	8	36	48	22	15.6	11	10	10	1.5	38
32	G1/8	8.5	—	8	44	52	24	17.3	12	14	10	2	46
40	G1/4	82	18	9	56	80	30	21	15	10	12.5	—	47
50	G1/4	98	26.5	12	71	100	38	26	19	14	16	—	53
63	G3/8	119	37	15	90	130	48	32	24	14	19	—	66
80	G3/8	142	49	15	112	160	60	39	30	14	28	—	70.7
100	G1/2	172	64	20	140	200	76	48	30	14	28	—	94

表 23.4-150　DRQ 齿轮齿条摆动气缸安装尺寸　（mm）



a）脚架安装 HQ—…—W（安装缸径 16 ~ 32mm）　b）脚架安装 HQ—…—W（安装缸径 40 ~ 100mm）

（续）

缸径/mm	A_1 ϕ	AB ϕ H13	AH	AO	C_1	C_2	C_3	C_4	D_3 ϕ js7	D_5 ϕ	E_2	E_4	E_5	H_1	H_2 最大	H_3	H_4	SA
16	4.9	5.5	24.5	7.5	24	19	2	10	19	14	37	38	35.5	2.5	1.8	15.7	8.8	见表23.4-151
20	4.9	5.5	28.7	7.5	24	19	2	14	21	16	43	44	41.7	2.5	2.3	18	10.7	
25	4.9	5.5	30.9	7.5	24	19	2	20	24	19	47	48	45.9	3	2.1	17.6	13.3	
32	4.9	5.5	35.5	7.5	24	19	2	28	26	21	57	58	55.5	3	2.3	19.3	16.2	
40	5.9	6.6	45	9	30	24	3	24	32	25	63.5	73	77	5	4.8	26	19	
50	5.9	6.6	55	9	31	25	3	30	42	34	69.5	90	90	6	5.8	31	24	
63	7.9	9	69	11.5	37	30	4	36	47	38	87	111	112.5	6	5.8	37	32	
80	7.9	9	84	11.5	39	32	4	40	55	44	92	134	130	8	8	43	41	
100	9.9	11	102	13.5	44	36	5	58	80	68	119	164	161.5	8	8	52	50	

表23.4-151　孔间距 *SA*

摆角/(°)	DRQ—...—PPVJ-A 型的缸径/mm									DRQ—...—PPV-A 型的缸径/mm				
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	40	50	63	80	100
90	170	175	205	261	296.6	339	402	505	544	297.4	340.2	402.4	485.4	544.6
180	186	193	230	292	335.6	388	465	583	647	336.4	389.2	465.4	563.4	647.6
270	209	222	268	339	395.6	463	559	701	803	396.4	464.2	559.4	681.4	803.6
360	217	231	281	355	414.6	487	591	740	855	415.4	488.8	591.4	720.4	855.6

1.7.11　DRQD 双活塞齿轮齿条式摆动气缸

（1）技术规格（见表23.4-152）

表23.4-152　DRQD 齿轮齿条式摆动气缸技术规格

活塞直径 ϕ/mm		6	8	10
气接口		M3		
	HS	M5		
	SD32	—	QS-3 用于外径为 ϕ3mm 的气管	
结构特点		双活塞摆动气缸，采用齿轮齿条驱动原理		
缓冲型式		两端具有弹性橡胶缓冲器		
位置感测		通过接近传感器		
安装型式		通过通孔		
		使用内螺纹		
安装位置		任意		
工作介质		过滤压缩空气，润滑或未润滑		
工作压力/MPa		0.1～0.8		
	SD32	—	1.5～8	—

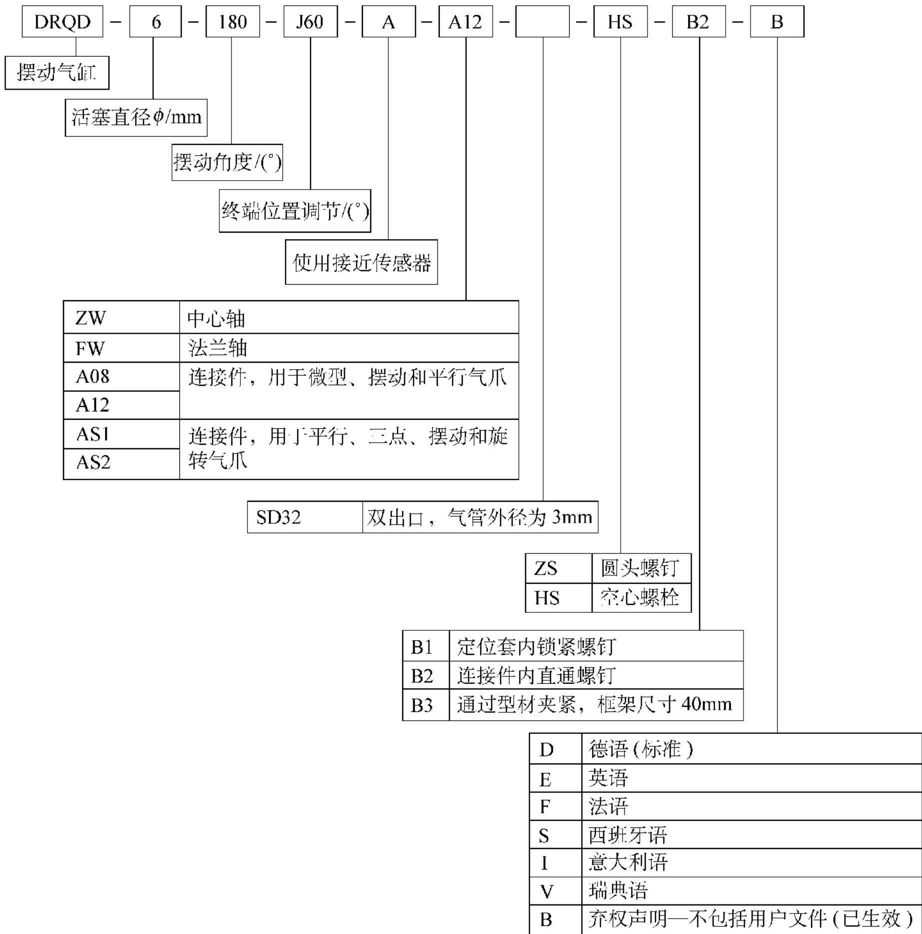
（续）

可测终端位置范围/(°)	120	-20 ~ +6		
	160	-20 ~ +6		
0.6MPa 时最大许用摆动频率(适用于动作的整个周期)/Hz	90°	5	4	3
	180°	3.5	2.5	2
	SD32	—	最多下降上述值的 5%	
重复精度/(°)		<0.2		
环境温度/℃[①]		-10 ~ +60		
耐腐蚀等级 CRC[②]		1		

① 注意接近传感器的工作温度范围。

② 耐腐蚀等级 1，符合 Festo 940 070 标准元件只需具备低度耐腐蚀能力，运输和贮存防护，这些元件无表面基本涂层要求，譬如：内部元件或位于盖子下面的元件。

（2）型号说明



（3）外形尺寸(见表 23.4-153)

表 23.4-153 DRQD 齿轮齿条式摆动气缸外形尺寸 (mm)

1 传感器沟槽,用于SME/SMT－10－型传感器...
2 供气口
3 安装螺纹
4 内六角螺钉,用于终端位置调节
5 0°时的半圆键位置
10 定位套(供货范围内包括2件)

φ/mm	摆角/(°)	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_8	D_1 g7	D_2 g6	D_3 f7	D_4	D_7 H8	D_8 H8	D_9	D_{10} H7	D_{11}	D_{12}	EE	H_1	H_2
6	90	15.4	18.2	16	2	13.6	16.7	6	8	20	M2.5	2	6	M4	7	M5	1.3	M3	31	6.8
	180																			
8	90	17	22.2	20	4	16.2	20.7	8	10	22	M3	—	8	M5	9	M5	1.3	M3	34	8.8
	180																			
12	90	21	22.2	20	6	18.2	20.7	8	10	22	M3	—	8	M5	9	M5	1.3	M3	41	8.8
	180																			

φ/mm	摆角/(°)	L_1	L_2	L_3 最大	L_4 最大	L_5	L_7 ±0.03	L_8 ±0.03	L_9	N_1 P_9	T_1	T_2	T_3	T_4	T_6	T_7	T_8	1	2	3
6	90	46.7	20.2	7.1	11.1	7.5	20	30	6.2	2	12	7	1.8	3.4	1.6	5	1.4	8	2.5	8
	180	61.8	27.75																	
8	90	54.2	23.45	8.1	12.1	7	—	36	5.7	2	16	9	—	4.6	2	5	2	10	3	8
	180	71.8	32.25																	
12	90	59.2	25.95	9.1	13.1	8	—	36	5.7	2	16	9	—	4.6	2	5	2	13	4	8
	180	76.8	34.75																	

1.8　SMC公司气缸产品

1.8.1　标准型气缸

1. CJ1系列微型气缸(单作用)

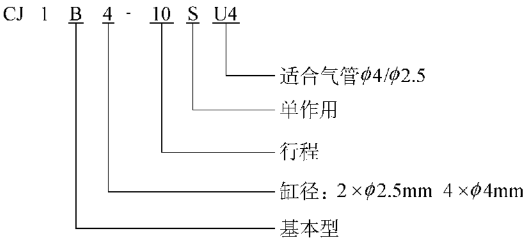
(1) 技术规格(见表23.4-154)

(2) 外形尺寸(见表23.4-155)

表23.4-154　CJ1系列微型气缸技术规格

缸径/mm	2.5	4
工作介质	经过滤的压缩空气	
工作压力范围/MPa	0.3～0.7	
环境、介质温度/℃	5～60	
动作方式	单作用、弹簧压回	
活塞速度/mm·s⁻¹	50～500	
缓冲型式	无	
标准行程/mm	5、10	5、10、15、20
行程误差/mm	$^{+0.5}_{0}$	
供气管尺寸/mm 外径	4	
供气管尺寸/mm 内径	2.5	
供气管材料	软尼龙或聚氨酯	

注：型号意义



2. CJ2系列标准型气缸

(1) CJ2系列标准型气缸(双作用)

1) 技术规格(见表23.4-156)。

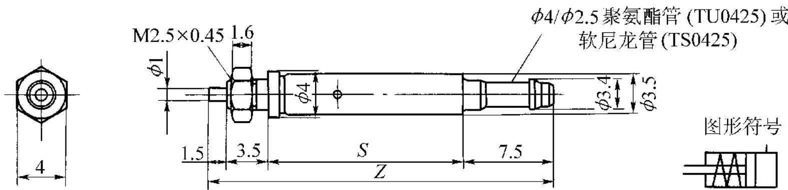
2) 外形及安装尺寸(见表23.4-157～表23.4-160)。

(2) CJ2系列标准气缸(单作用)

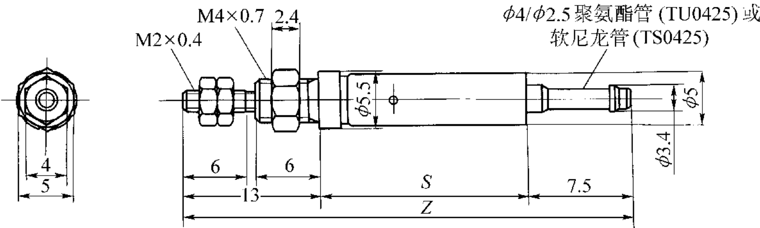
1) 技术规格(见表23.4-156)。

2) 外形尺寸(见表23.4-161～164)。

表23.4-155　CJ1系列微型气缸(单作用)外形尺寸　(mm)



a)



b)

a) CJ1B2　b) CJ1B4

型号	缸径		符号 S		符号 Z		型号	缸径		符号 S				符号 Z			
CJ1B2	2.5	行程	5	10	5	10	CJ1B4	4	行程	5	10	15	20	5	10	15	20
			16.5	25.5	29	38				19.5	28.5	37.5	46.5	40	49	58	67

表 23.4-156　CJ2 系列标准型气缸技术规格

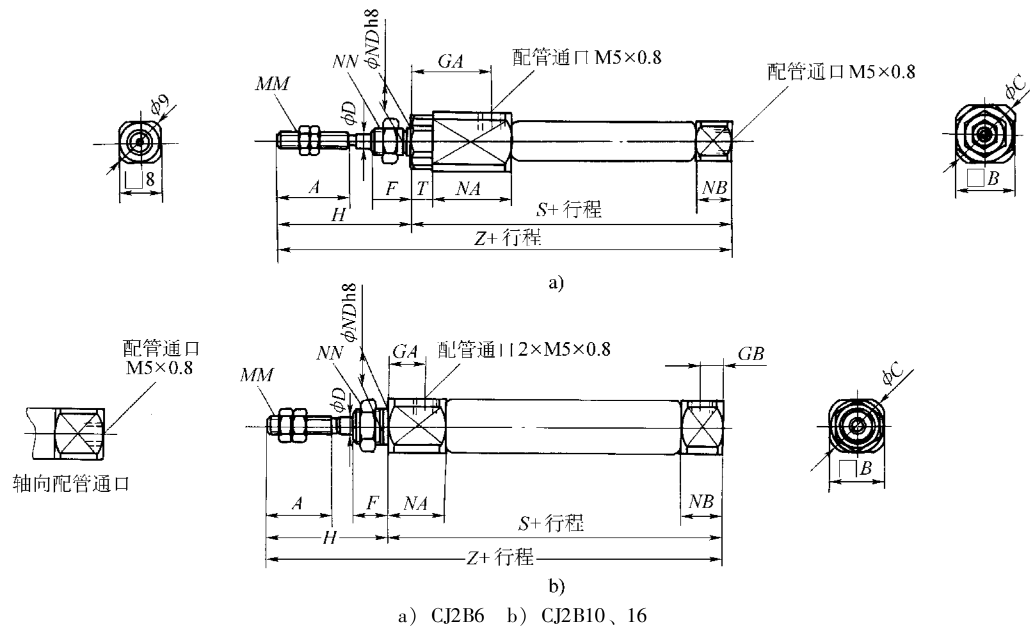
气缸类型	双作用气缸			单作用气缸		
缸径/mm	6	10	16	6	10	16
工作介质	经过滤的压缩空气					
环境与介质温度/℃	-10~70					
工作压力范围/MPa	0.12~0.7	0.06~0.7		0.25~0.7	0.15~0.7	
耐压/MPa	1.05					
活塞速度/mm·s^{-1}	50~750					
动作方式	压缩空气双向作用			弹簧压回/弹簧压出		
缓冲型式	两端橡胶缓冲			橡胶缓冲、气缓冲(任选)		
行程公差/mm	$^{+1.0}_{0}$					
接管螺纹	M5×0.8					
润滑	有无润滑均可					

注：型号意义

C D J 2 B 6 - 15 A S R - C73 □

- □ 磁性开关个数　无记号—2个　S—1个　n—n个
- C73 磁性开关型号　无记号—无开关
- R 端盖上配管气口方向　缸径 φ6：R—轴向；缸径 φ10、φ16：无记号—径向　R—轴向
- S 动作方式　S—单作用弹簧压回型　T—单作用弹簧压出型
- A 缓冲型式：无记号—橡胶缓冲　A—气缓冲(除 φ6)
- 15 行程
- 6 缸径　6-φ6mm　10-φ10mm　16-φ16mm
- B 安装型式　B—基本型　F—杆侧法兰型　L—轴向脚架型　D—双耳环型(除 φ6)
- D 内置磁环　无记号—无磁环　D—内置磁环

表 23.4-157　CJ2 系列标准型气缸(双作用)基本型外形尺寸　(mm)

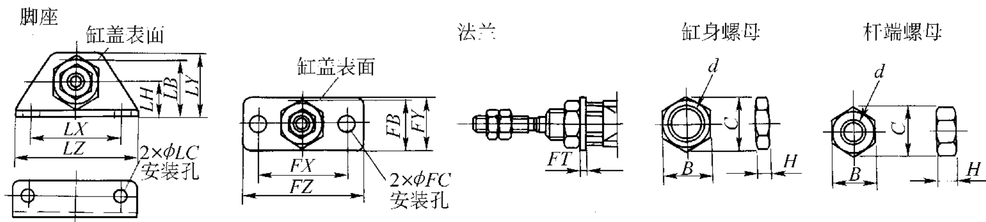


a) CJ2B6　b) CJ2B10、16

（续）

缸径	A	B	C	D	F	GA	GB	H	MM	NA	NB	ND h8	NN	S	T	Z
6	15	12	14	3	8	14.5	—	28	M3×0.5	16	7	6	M6×1.0	49	3	77
10	15	12	14	4	8	8	5	28	M4×0.7	12.5	9.5	8	M8×1.0	46	—	74
16	15	18	20	5	8	8	5	28	M5×0.8	12.5	9.5	10	M10×1.0	47	—	75

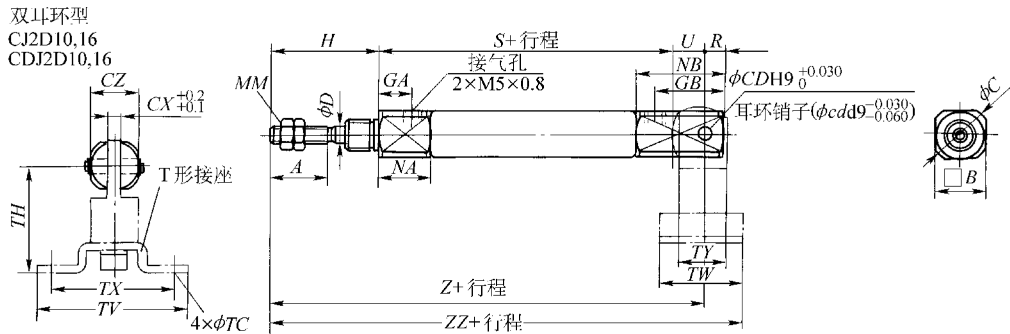
表 23.4-158　CJ2 系列标准型气缸（双作用）脚架、法兰安装外形尺寸　（mm）



适合缸径	脚　　座							法　　兰						
	零件号	LB	ϕLC	LH	LX	LY	LZ	零件号	FB	ϕFC	FX	FY	FZ	FT
6	CJ-L006B	13	4.5	9	24	16.5	32	CJ-F006B	11	4.5	24	14	32	1.6
10	CJ-L010B	15	4.5	9	24	16.5	32	CJ-F010B	13	4.5	24	14	32	1.6
16	CJ-L016B	23	5.5	14	33	25	42	CJ-F016B	19	5.5	33	20	42	2.3

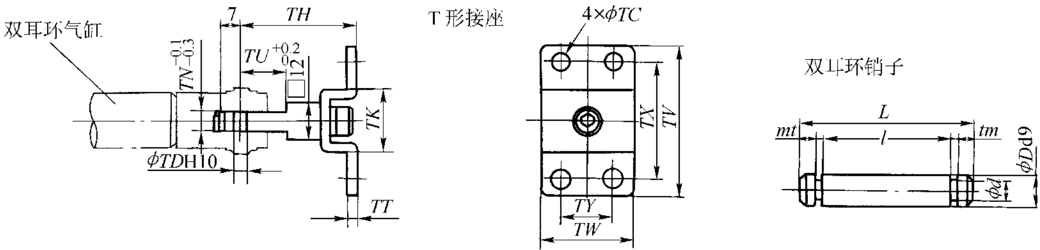
适合缸径	缸 身 螺 母					杆 端 螺 母				
	零件号	B	C	d	H	零件号	B	C	d	H
6	SNJ-006B	8	9.2	M6×1	4	NTJ-006A	5.5	6.4	M3×0.5	2.4
10	SNJ-010B	11	12.7	M8×1	4	NTJ-010A	7	8.1	M4×0.7	3.2
16	SNJ-016B	14	16.2	M10×1	4	NTJ-015A	8	9.2	M5×0.8	4

表 23.4-159　CJ2 系列标准型气缸（双作用）双耳环型安装外形尺寸　（mm）



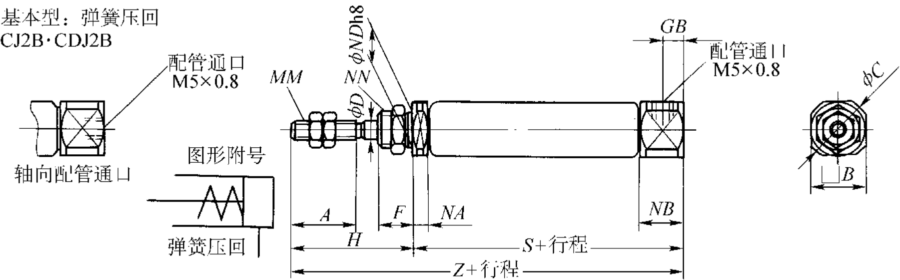
缸径	A	B	C	CD(cd)	CX	CZ	D	GA	GB	H	MM	NA	NB	R	S	U	Z	ZZ
10	15	12	14	3.3	3.2	12	4	8	18	28	M4×0.7	12.5	22.5	5	46	8	82	93
16	15	18	20	5	6.5	18	5	8	23	28	M5×0.8	12.5	27.5	8	47	10	85	99

表 23.4-160 CJ2 系列标准型气缸（双作用）T 形座、双耳环用销子尺寸 (mm)



适用缸径	T 形座												双耳环销子						
	零件号	TC	TCH10	TH	TK	TN	TT	TU	TV	TW	TX	TY	零件号	ϕDd9	ϕd	L	l	m	t
10	CJ-T010B	4.5	$3.3^{+0.048}_{0}$	29	18	3.1	2	9	40	22	32	12	CD-J010	$3.3^{-0.03}_{-0.06}$	3	15.2	12.2	1.2	0.3
16	CJ-T016B	5.5	$5^{+0.048}_{0}$	35	20	6.4	2.3	14	48	28	38	16	CD-Z015	$5^{-0.03}_{-0.06}$	4.8	22.7	18.3	1.5	0.7

表 23.4-161 CJ2 系列标准气缸（单作用）弹簧压回、基本型外形尺寸 (mm)

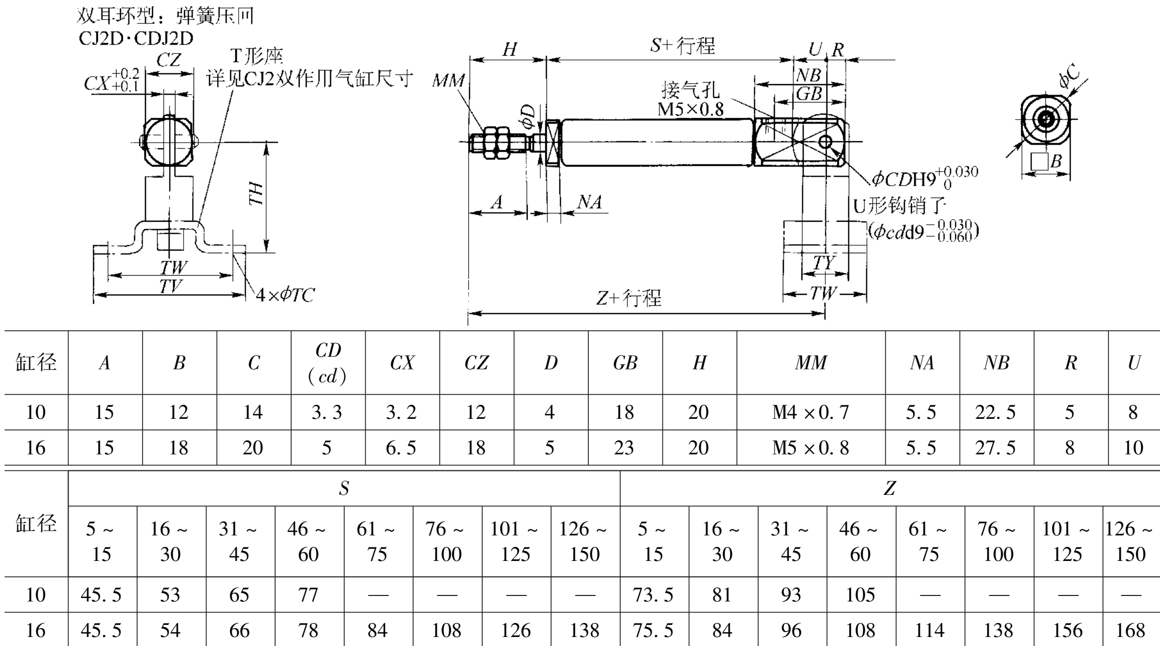


缸径	A	B	C	D	F	GB	H	MM	NA	NB	ND h8	NN
6	15	8	19	3	8	—	28	M3×0.5	3	7	$6^{0}_{-0.018}$	M6×1
10	15	12	14	4	8	5	28	M4×0.7	5.5	9.5	$8^{0}_{-0.022}$	M8×1
16	15	18	20	5	8	5	28	M5×0.8	5.5	9.5	$10^{0}_{-0.022}$	M10×1

缸径	*S								*Z							
	5~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~100	101~125	126~150	5~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~100	101~125	126~150
6	34.5 (39.5)	43.5 (48.5)	47.5 (52.5)	61.5 (66.5)	—	—	—	—	62.5 (67.5)	71.5 (76.5)	75.5 (80.5)	89.5 (94.5)	—	—	—	—
10	45.5	53	65	77	—	—	—	—	73.5	81	93	105	—	—	—	—
16	45.5	54	66	78	84	108	126	138	73.5	82	94	106	112	136	154	166

*( )内置磁环型的尺寸。

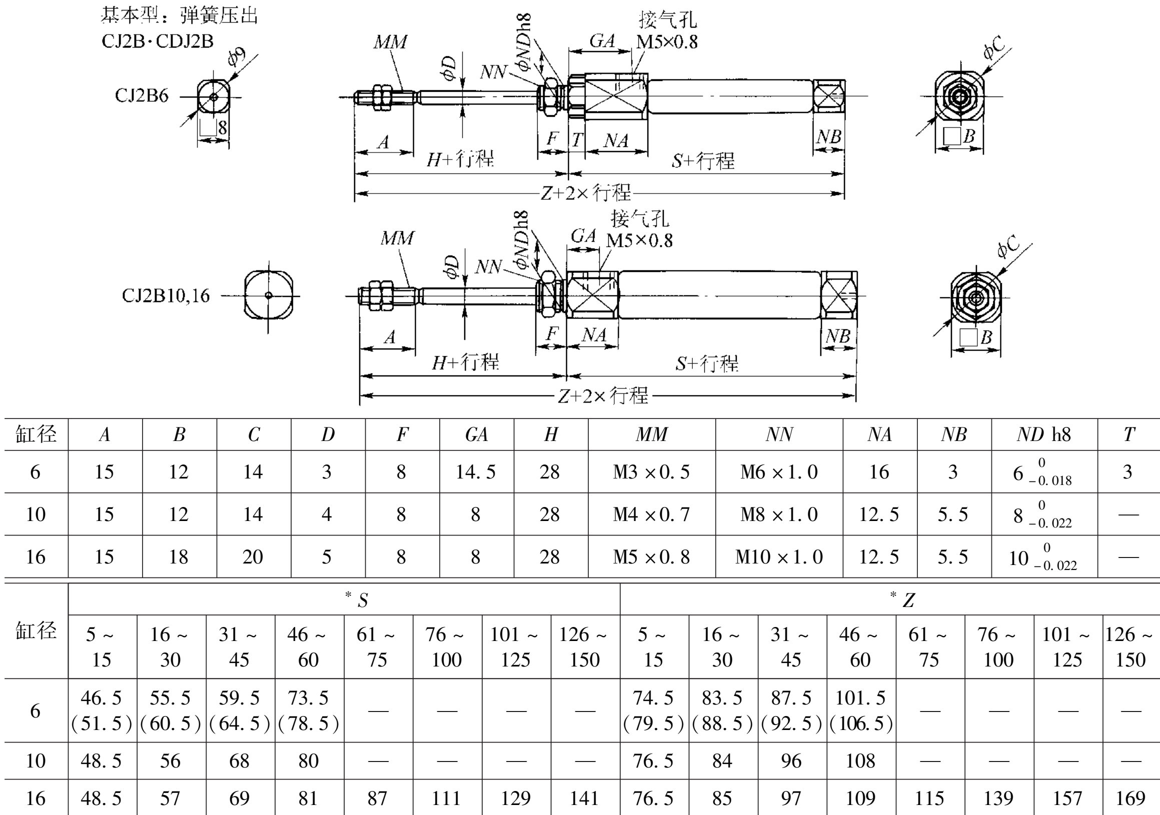
表 23.4-162　CJ2 系列标准气缸(单作用)弹簧压回、双耳环型外形尺寸　(mm)



缸径	A	B	C	CD (cd)	CX	CZ	D	GB	H	MM	NA	NB	R	U
10	15	12	14	3.3	3.2	12	4	18	20	M4×0.7	5.5	22.5	5	8
16	15	18	20	5	6.5	18	5	23	20	M5×0.8	5.5	27.5	8	10

缸径	S								Z							
	5~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~100	101~125	126~150	5~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~100	101~125	126~150
10	45.5	53	65	77	—	—	—	—	73.5	81	93	105	—	—	—	—
16	45.5	54	66	78	84	108	126	138	75.5	84	96	108	114	138	156	168

表 23.4-163　CJ2 系列标准气缸(单作用)弹簧压出、基本型外形尺寸　(mm)

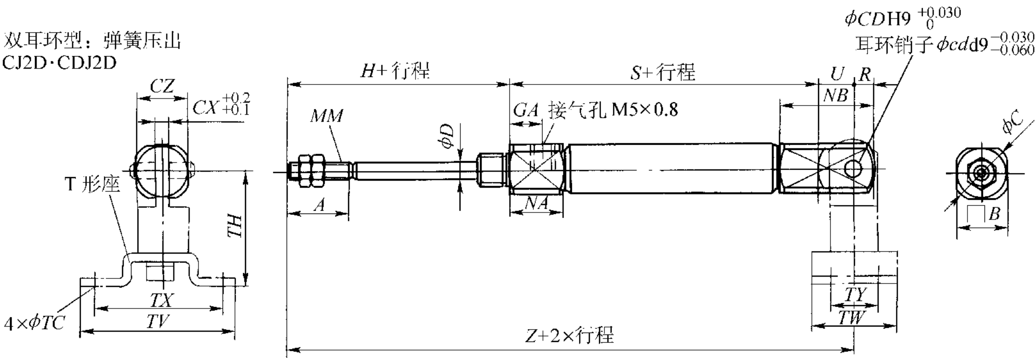


缸径	A	B	C	D	F	GA	H	MM	NN	NA	NB	ND h8	T
6	15	12	14	3	8	14.5	28	M3×0.5	M6×1.0	16	3	$6^{0}_{-0.018}$	3
10	15	12	14	4	8	8	28	M4×0.7	M8×1.0	12.5	5.5	$8^{0}_{-0.022}$	—
16	15	18	20	5	8	8	28	M5×0.8	M10×1.0	12.5	5.5	$10^{0}_{-0.022}$	—

缸径	*S								*Z							
	5~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~100	101~125	126~150	5~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~100	101~125	126~150
6	46.5 (51.5)	55.5 (60.5)	59.5 (64.5)	73.5 (78.5)	—	—	—	—	74.5 (79.5)	83.5 (88.5)	87.5 (92.5)	101.5 (106.5)	—	—	—	—
10	48.5	56	68	80	—	—	—	—	76.5	84	96	108	—	—	—	—
16	48.5	57	69	81	87	111	129	141	76.5	85	97	109	115	139	157	169

*( )内置磁环型尺寸。

表 23.4-164　CJ2 系列标准气缸(单作用)弹簧压出、双耳环型外形尺寸　(mm)



缸径	A	B	C	CD (cd)	CX	CZ	D	GA	H	MM	NA	NB	R	U
10	15	12	14	3.3	3.2	12	4	8	28	M4×0.7	12.5	18.5	5	8
16	15	18	20	5	6.5	18	5	8	28	M5×0.8	12.5	23.5	8	10

缸径	S								Z							
	5~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~100	101~125	126~150	5~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~100	101~125	126~150
10	48.5	56	68	80	—	—	—	—	84.5	92	104	116	—	—	—	—
16	48.5	57	69	81	87	111	129	141	86.5	95	107	119	125	149	167	179

注：脚座、法兰、T 形座等件尺寸可参阅 CJ2 系列双作用气缸件的尺寸。

3. CM2 系列双作用标准型气缸

(1) 技术规格(见表 23.4-165)

(2) 外形尺寸(见表 23.4-166～表 23.4-169)

4. CM2 系列单作用标准型气缸

(1) 技术规格(见表 23.4-165)

(2) 外形尺寸(见表 23.4-170、表 23.4-171)

表 23.4-165　CM2 系列单、双作用标准型气缸技术规格

气缸类型	双作用气缸				单作用气缸			
缸径/mm	20	25	32	40	20	25	32	40
工作介质	经过滤的压缩空气							
环境与介质温度/℃	-0～70							
工作压力范围/MPa	0.05～1.0				0.18～1.0(弹簧压回)、0.23～1.0(弹簧压出)			
耐压/MPa	1.5							
活塞速度/$mm \cdot s^{-1}$	50～750							
动作方式	压缩空气双向作用				弹簧压回/弹簧压出			
缓冲型式	橡胶缓冲，气缓冲(任选)				橡胶缓冲			

（续）

行程公差/mm	$^{+1.4}_{0}$							
润滑	有无润滑均可							
接管螺纹 R_c(PT)	1/8	1/8	1/8	1/4	1/8	1/8	1/8	1/4

注：型号意义

C D M2 H L 40 F - 150 T A J - C73 □

内置磁环

无记号	无内置磁环
D	内置磁环

形式

无记号	压缩空气式
H	气液联用式

安装型式

B	基本型	U	杆侧耳轴型
L	轴向脚座型	T	无杆侧耳轴型
F	杆侧法兰型	E	耳环一体型
G	无杆侧法兰型	BZ	无凸台基本型
C	单耳环型	FZ	无凸台杆侧法兰型
D	双耳环型	UZ	无凸台杆侧耳轴型

缸径

20	ϕ20mm
25	ϕ25mm
32	ϕ32mm
40	ϕ40mm

行程

配管方式

无记号	螺纹配管
F	内置快换接头

*气液联用式仅螺纹配管

动作方式（单作用缸）

S	弹簧压回
T	弹簧压出

缓冲

无记号	橡胶缓冲
A	气缓冲

*气液联用式仅橡胶缓冲

防护套

无记号	无
J	尼龙帆布
K	耐热帆布

磁性开关的型号

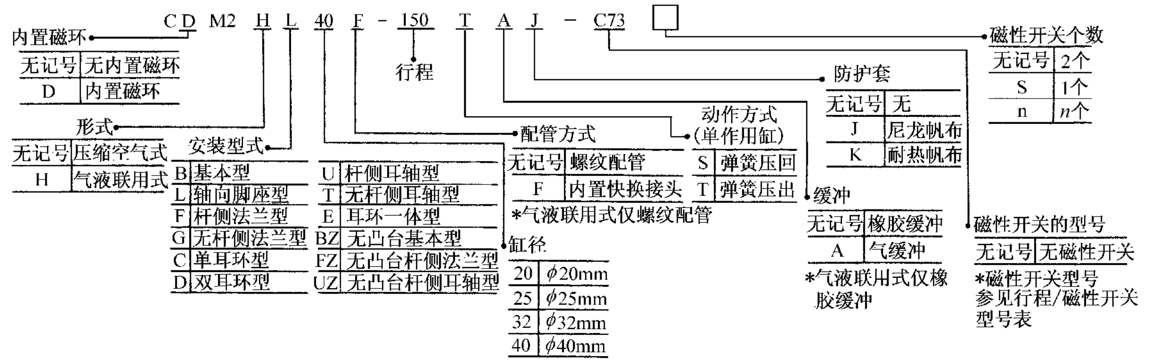
无记号	无磁性开关

*磁性开关型号参见行程/磁性开关型号表

磁性开关个数

无记号	2个
S	1个
n	n个

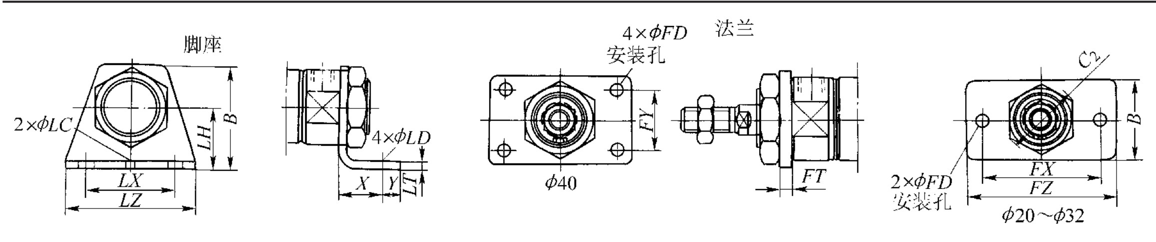
表 23.4-166　CM2 系列双作用标准型气缸（基本型）外形尺寸　（mm）



缸径	行程范围	A	AL	B_1	B_2	D	E	F	G	H	H_1	H_2
20	≈300	18	15.5	13	26	8	$20^{0}_{-0.033}$	13	8	41	5	8
25	≈300	22	19.5	17	32	10	$26^{0}_{-0.033}$	13	8	45	6	8
32	≈300	22	19.5	17	32	12	$26^{0}_{-0.033}$	13	8	45	6	8
40	≈300	24	21	22	41	14	$32^{0}_{-0.039}$	16	11	50	8	10

缸径	I	K	MM	N	NA	NN	P	S	ZZ	WA	WB
20	28	5	M8×1.25	15	24	M20×1.5	1/8	62	116	11.5	8.5
25	33.5	5.5	M10×1.25	15	30	M26×1.5	1/8	62	120	11.5	10
32	37.5	5.5	M10×1.25	15	34.5	M26×1.5	1/8	64	122	11.5	11.5
40	46.5	7	M14×1.5	21.5	42.5	M32×2	1/4	88	154	14	15

表 23.4-167　CM2 系列双作用标准型气缸脚座、法兰安装外形尺寸　（mm）



（续）

适合缸径	脚座										法兰							
	零件号	*X*	*Y*	*ϕLD*	*ϕLC*	*LX*	*LZ*	*LH*	*LT*	*B*	零件号	*FD*	*FY*	*FX*	*FZ*	C_2	*B*	*FT*
20	CM-L020B	20	8	6.8	4	40	55	25	3.2	40	CM-F020B	7	—	60	75	30	34	4
25	CM-L032B	20	8	6.8	4	40	55	28	3.2	47	CM-F032B	7	—	60	75	37	40	4
32	CM-L032B	20	8	6.8	4	40	55	28	3.2	47	CM-F032B	7	—	60	75	37	40	4
40	CM-L040B	23	10	7	4	55	75	30	3.2	54	CM-F040B	7	36	66	82	47.3	52	5

表 23.4-168 CM2 系列双作用标准型气缸单、双耳环、耳轴式安装外形尺寸 （mm）

单耳环 双耳环 耳轴

适合缸径	单耳环							双耳环								耳轴型						
	零件号	*L*	*U*	*RR*	*ϕI*	*ϕCD*	*CX*	零件号	*L*	*U*	*RR*	*ϕCD*	*CX*	*CZ*	*ϕI*	零件号	*TX*	*TZ*	*TD*	*TY*	*Z*	*TT*
20	CM-C020B	30	14	9	28	9	10	CM-D020B	30	14	9	9	10	19	28	CM-T020B	32	52	8	32	36	10
25	CM-C025B	30	14	9	33.5	9	10	CM-D025B	30	14	9	9	10	19	33.5	CM-T032B	40	60	9	40	40	10
32	CM-C032B	30	14	9	37.5	9	10	CM-D032B	30	14	9	9	10	19	37.5	CM-T032B	40	60	9	40	40	10
40	CM-C040B	39	18	11	46.5	10	15	CM-D040B	39	18	11	10	15	30	46.5	CM-T040B	53	77	10	53	44.5	11

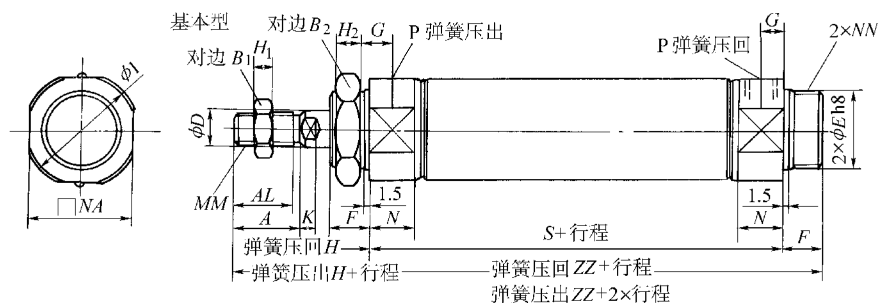
表 23.4-169 CM2 系列双作用标准型气缸单耳环、耳环座一体型安装外形尺寸 （mm）

单耳环、耳环座一体型 CM2E·CDM2E

缸径	行程范围	*A*	*AL*	B_1	*CD*	*CX*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*H*1	*I*	*K*	*L*	*MM*	*N*	*NA*	*NN*
20	≈300	18	15.5	13	8	12	8	$20_{-0.033}^{0}$	13	8	41	5	28	5	12	M8×1.25	15	24	M20×1.5
25	≈300	22	19.5	17	8	12	10	$26_{-0.033}^{0}$	13	8	45	6	33.5	5.5	12	M10×1.25	15	30	M26×1.5
32	≈300	22	19.5	17	10	20	12	$26_{-0.033}^{0}$	13	8	45	6	37.5	5.5	15	M10×1.25	15	34.5	M26×1.5
40	≈300	24	21	22	10	20	14	$32_{-0.039}^{0}$	16	11	50	8	46.5	7	15	M14×1.5	21.5	42.5	M32×2

缸径	*P*	*RR*	*S*	*U*	*Z*	*ZZ*	名称	适用缸径	零件号	*LD*	*LF*	*LG*	*LH*	*LP*	*LT*	*LV*	*LY*	*LZ*
20	⅛	9	63	11.5	115	124	耳环座	20	CM-E020B	6.8	15	30	30	37	3.2	18.4	59	152
25	⅛	9	62	11.5	119	128		25		6.8	15	30	30	37	3.2	18.4	59	156
32	⅛	12	64	14.5	124	136		32	CM-E032B	9	15	40	40	50	4	28	75	174
40	¼	12	88	14.5	153	165		40		9	15	40	40	50	4	28	75	203

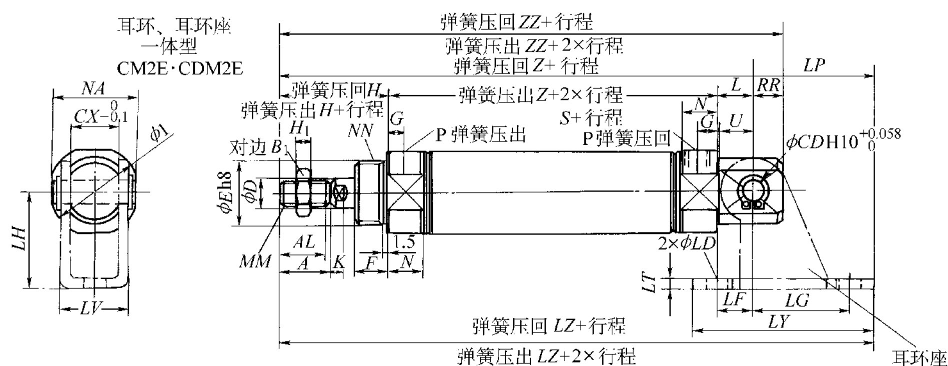
表 23.4-170 CM2 系列单作用(弹簧压回)标准型气缸基本型外形尺寸 (mm)



缸径	A	AL	B_1	B_2	D	E	F	G	H	H_1	H_2	I	K	MM	N	NA	NN	P
20	18	15.5	13	26	8	$20_{-0.033}^{0}$	13	8	41	5	8	28	5	M8×1.25	15	24	M20×1.5	1/8
25	22	19.5	17	32	10	$26_{-0.033}^{0}$	13	8	45	6	8	33.5	5.5	M10×1.25	15	30	M26×1.5	1/8
32	22	19.5	17	32	12	$26_{-0.033}^{0}$	13	8	45	6	8	37.5	5.5	M10×1.25	15	34.5	M26×1.5	1/8
40	24	21	22	41	14	$32_{-0.039}^{0}$	16	11	50	8	10	46.5	7	M14×1.5	21.5	42.5	M32×2	1/4

缸径 \ 代号 \ 行程	1~50		51~100		101~150		151~200		201~250	
	S	ZZ	S	ZZ	S	ZZ	S	ZZ	S	ZZ
20	87	141	112	166	137	191	—	—	—	—
25	87	145	112	170	137	195	—	—	—	—
32	89	147	114	172	139	197	164	222	—	—
40	113	179	138	204	163	229	188	254	213	279

表 23.4-171 CM2 系列单作用(弹簧压回)标准型气缸单耳环、耳环座一体型安装外形尺寸 (mm)



缸径	A	AL	B_1	CD	CX	D	E	F	G	H	H_1	I	K	L	MM	N	NA	NN	P	PR	U
20	18	15.5	13	8	12	8	$20_{-0.033}^{0}$	13	8	41	5	28	5	12	M8×1.25	15	24	M20×1.5	⅛	9	11.5
25	22	19.5	17	8	12	10	$26_{-0.033}^{0}$	13	8	45	6	33.5	5.5	12	M10×1.25	15	30	M26×1.5	⅛	9	11.5
32	22	19.5	17	10	20	12	$26_{-0.033}^{0}$	13	8	45	6	37.5	5.5	15	M10×1.25	15	34.5	M26×1.5	⅛	12	14.5
40	24	21	22	10	20	14	$32_{-0.039}^{0}$	16	11	50	8	46.5	7	15	M14×1.5	21.5	42.5	M32×2	¼	12	14.5

（续）

缸径 \ 代号 \ 行程	1～50			51～100			101～150			151～200			201～250		
	S	*Z*	*ZZ*	*S*	*Z*	*ZZ*	*S*	*Z*	*ZZ*	*S*	*Z*	*ZZ*	*S*	*Z*	*ZZ*
20	87	140	149	112	165	174	137	190	199	—	—	—	—	—	—
25	87	144	153	112	169	178	137	194	203	—	—	—	—	—	—
32	89	149	161	114	174	186	139	199	211	164	224	236	—	—	—
40	113	178	190	138	203	215	163	228	240	188	253	265	213	278	290

名称	零件号	适用缸径	*LD*	*LF*	*LG*	*LH*	*LP*	*LT*	*LV*	*LY*	1～50	51～100	101～150	151～200	201～250
											LZ	*LZ*	*LZ*	*LZ*	*LZ*
单耳环座	CM-E020B	20	6.8	15	30	30	37	3.2	18.4	59	177	202	227	—	—
		25	6.8	15	30	30	37	3.2	18.4	59	181	206	231	—	—
	CM-E032B	32	9	15	40	40	50	4	28	75	199	224	249	274	—
		40	9	15	40	40	50	4	28	75	228	253	278	303	328

注：脚座、法兰、单、双耳环、轴耳等件尺寸、型号可参阅 CM2 系列双作用气缸安装件尺寸、型号。

5. MB 系列标准型气缸

（1）技术规格（见表 23.4-172）

（2）外形尺寸（见表 23.4-173）

6. MB1 系列正方形缸体标准型气缸

（1）技术规格（见表 23.4-172）

（2）外观图（见图 23.4-44）

（3）安装尺寸（见表 23.4-174～表 23.4-176）

（4）外形尺寸（见 MB 系列气缸尺寸）

表 23.4-172　MB 系列标准型气缸技术规格

缸径/mm	32	40	50	63	80	100
工作介质	经过滤的压缩空气					
环境与介质温度/℃	−5～+60					
动作方式	双作用					
工作压力范围/MPa	0.05～1.0					
耐压/MPa	1.5					
活塞运动速度/mm·s^{-1}	50～1000					
缓冲	气缓冲					
行程偏差/mm	≈250$^{+1.0}_{0}$，250～1000$^{+1.4}_{0}$，1001～1500$^{+1.8}_{0}$					
润滑	有无润滑均可					
接管螺纹 $R_c(P_T)$	1/8	1/4		3/8		1/2

注：型号意义

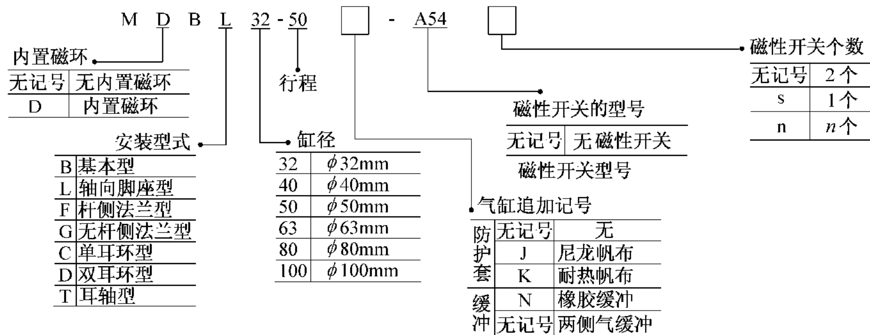


表 23.4-173　MB 系列标准型气缸（基本型）外形尺寸　（mm）

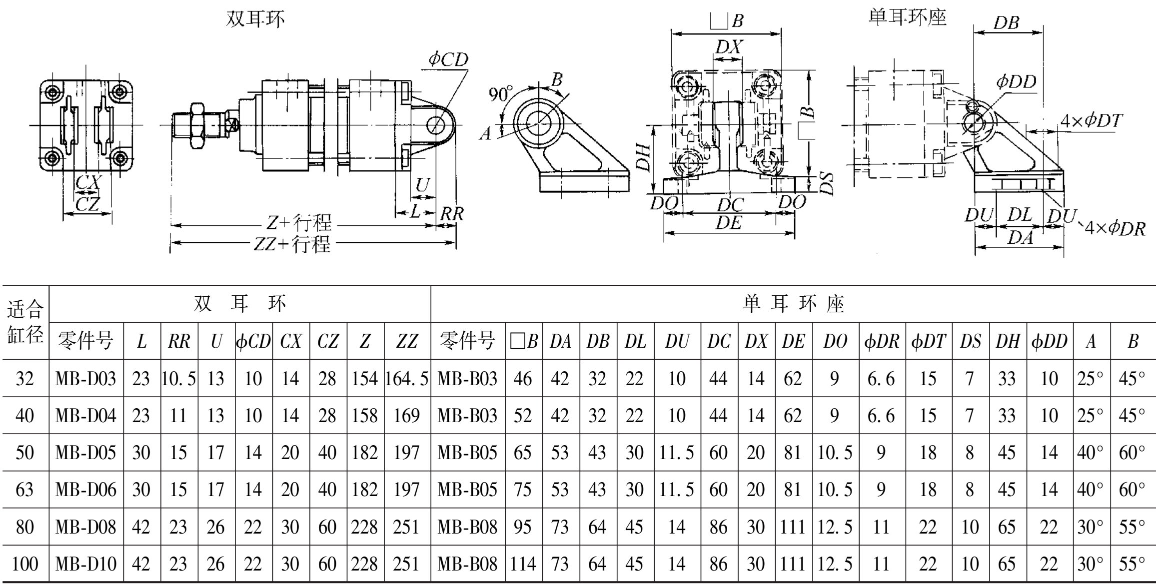
缸径	行程范围	螺纹有效长度	*A*	□*B*	□*C*	φ*D*	φ*E*	*F*	*G*	*MA*	*MB*	*J*	*K*	*MM*	*N*	*P*	*S*	*V*	*W*	*H*	*ZZ*
32	≈500	19.5	22	46	32.5	12	30	13	13	16	4	M6×1.0	6	M10×1.25	27	1/8	84	4	6.5	47	135
40	≈500	27	30	52	38	16	35	13	14	16	4	M6×1.0	6	M14×1.5	27	1/4	84	4	9	51	139
50	≈600	32	35	65	46.5	20	40	14	15.5	16	5	M8×1.25	7	M18×1.5	31.5	1/4	94	5	10.5	58	156
63	≈600	32	35	75	56.5	20	45	14	16.5	16	5	M8×1.25	7	M18×1.5	31.5	3/8	94	9	12	58	156
80	≈750	37	40	95	72	25	45	20	19	16	5	M10×1.5	10	M22×1.5	38	3/8	114	11.5	14	72	190
100	≈750	37	40	114	89	30	55	20	19	16	5	M10×1.5	10	M26×1.5	38	1/2	114	17	15	72	190

表 23.4-174　MB1 系列标准型气缸脚座、法兰、单耳环式安装尺寸　（mm）

适合缸径	脚座										
	零件号	*X*	*Y*	φ*LD*	*LH*	*LS*	*LT*	*LX*	*LY*	*LZ*	*ZZ*
32	MB-L03	22	9	7	30	128	3.2	32	53	50	162
40	MB-L04	24	11	9	33	132	3.2	38	59	55	170
50	MB-L05	27	11	9	40	148	3.2	46	72.5	70	190
63	MB-L06	27	14	12	45	148	3.6	56	82.5	80	193
80	MB-L08	30	14	12	55	174	4.5	72	102.5	100	230
100	MB-L10	32	16	14	65	178	4.5	89	122	120	234

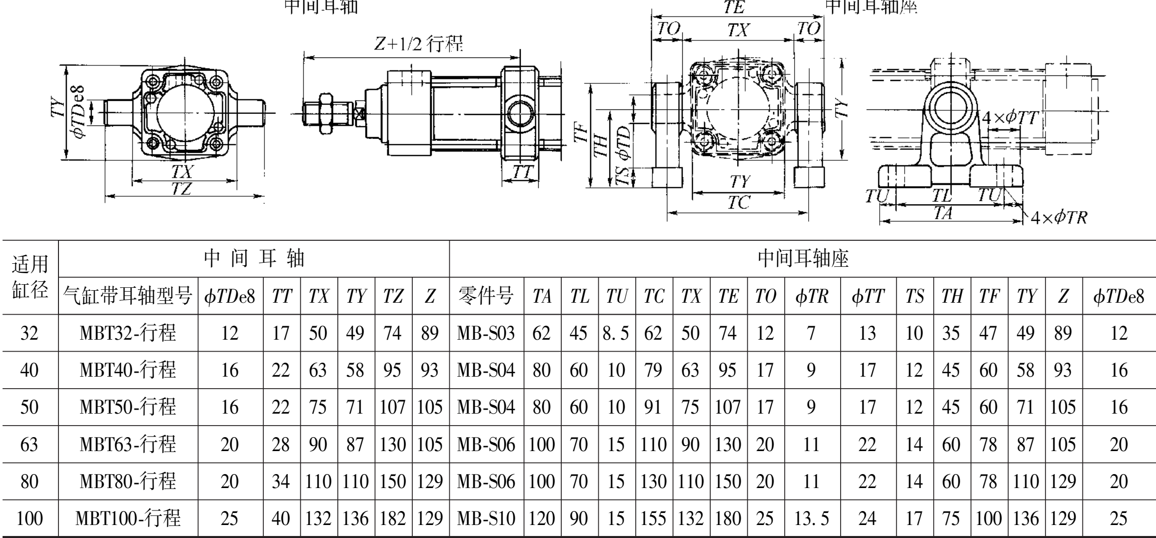
适合缸径	法兰								单耳环					
	零件号	*B*	φ*FD*	*FE*	*FT*	*FX*	*FY*	*FZ*	零件号	*L*	*RR*	*U*	φ*CD*	*CX*
32	MB-F03	50	7	3	10	64	32	79	MB-C03	23	10.5	13	10	14
40	MB-F04	55	9	3	10	72	36	90	MB-C04	23	11	13	10	14
50	MB-F05	70	9	2	12	90	45	110	MB-C05	30	15	17	14	20
63	MB-F06	80	9	2	12	100	50	120	MB-C06	30	15	17	14	20
80	MB-F08	100	12	4	16	126	63	153	MB-C08	42	23	26	22	30
100	MB-F10	120	14	4	16	150	75	178	MB-C10	42	23	26	22	30

表 23.4-175　MB1 系列标准型气缸双耳环、单耳环式安装尺寸　　(mm)



适合缸径	双耳环									单耳环座																
	零件号	L	RR	U	φCD	CX	CZ	Z	ZZ	零件号	□B	DA	DB	DL	DU	DC	DX	DE	DO	φDR	φDT	DS	DH	φDD	A	B
32	MB-D03	23	10.5	13	10	14	28	154	164.5	MB-B03	46	42	32	22	10	44	14	62	9	6.6	15	7	33	10	25°	45°
40	MB-D04	23	11	13	10	14	28	158	169	MB-B03	52	42	32	22	10	44	14	62	9	6.6	15	7	33	10	25°	45°
50	MB-D05	30	15	17	14	20	40	182	197	MB-B05	65	53	43	30	11.5	60	20	81	10.5	9	18	8	45	14	40°	60°
63	MB-D06	30	15	17	14	20	40	182	197	MB-B05	75	53	43	30	11.5	60	20	81	10.5	9	18	8	45	14	40°	60°
80	MB-D08	42	23	26	22	30	60	228	251	MB-B08	95	73	64	45	14	86	30	111	12.5	11	22	10	65	22	30°	55°
100	MB-D10	42	23	26	22	30	60	228	251	MB-B08	114	73	64	45	14	86	30	111	12.5	11	22	10	65	22	30°	55°

表 23.4-176　MB1 系列标准气缸中间耳轴式安装尺寸　　(mm)



适用缸径	中间耳轴							中间耳轴座															
	气缸带耳轴型号	φTDe8	TT	TX	TY	TZ	Z	零件号	TA	TL	TU	TC	TX	TE	TO	φTR	φTT	TS	TH	TF	TY	Z	φTDe8
32	MBT32-行程	12	17	50	49	74	89	MB-S03	62	45	8.5	62	50	74	12	7	13	10	35	47	49	89	12
40	MBT40-行程	16	22	63	58	95	93	MB-S04	80	60	10	79	63	95	17	9	17	12	45	60	58	93	16
50	MBT50-行程	16	22	75	71	107	105	MB-S04	80	60	10	91	75	107	17	9	17	12	45	60	71	105	16
63	MBT63-行程	20	28	90	87	130	105	MB-S06	100	70	15	110	90	130	20	11	22	14	60	78	87	105	20
80	MBT80-行程	20	34	110	110	150	129	MB-S06	100	70	15	130	110	150	20	11	22	14	60	78	110	129	20
100	MBT100-行程	25	40	132	136	182	129	MB-S10	120	90	15	155	132	180	25	13.5	24	17	75	100	136	129	25

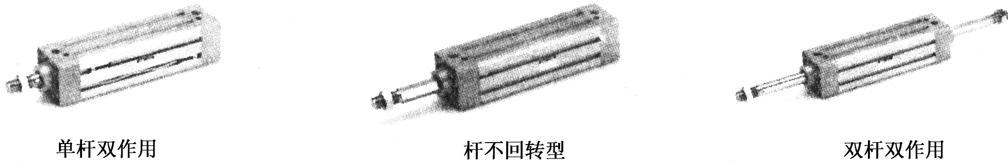


图 23.4-44　MB1 系列正方形缸体标准型气缸外观图

7. CS1 系列标准型气缸

(1) 技术规格(见表 23.4-177)

（2）外形尺寸（见表 23.4-178 ~ 表 23.4-180）

表 23.4-177　CS1 系列标准型气缸技术规格

缸径/mm	125	140	160	180	200	250	300
工作介质	经过滤的压缩空气						
环境与介质温度/℃	5 ~ 60						
工作压力范围/MPa	0.05 ~ 1.0						
耐压/MPa	1.6						
活塞速度/$mm \cdot s^{-1}$	50 ~ 500						
动作方式	双作用						
缓冲	气缓冲						
行程公差/mm	≈250 $^{+1.0}_{0}$，251 ~ 1000 $^{+1.4}_{0}$，1001 ~ 1500 $^{+1.8}_{0}$						
润滑	有无润滑均可						
接管螺纹 $R_c(P_T)$	1/2		3/4			1	

注：型号意义

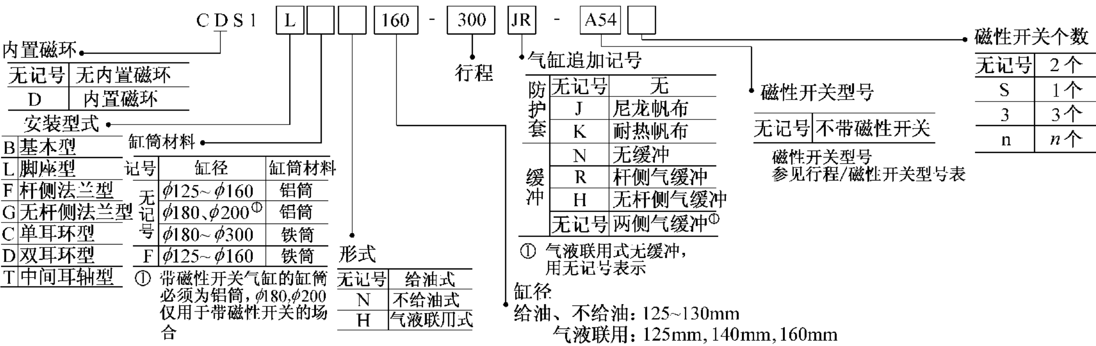
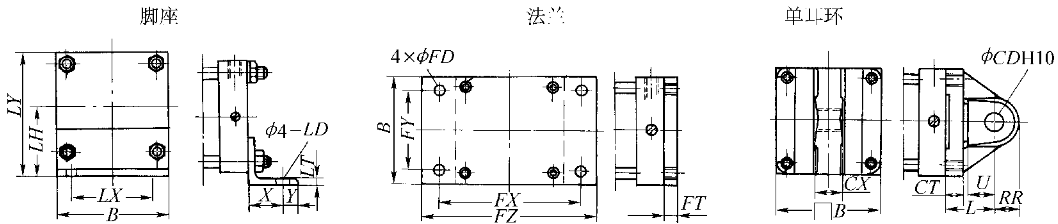


表 23.4-178　CS1 系列标准型气缸基本型外形尺寸　（mm）

缸径	*行程范围	螺纹有效长度	A	□B	□C	φD	φE	EA	F	FA	G	J	K	M	MM	N	P	S	H	ZZ
125	≈1000	47	50	145	115	36	90	59	43	14	16	M14×1.5	15	27	M30×1.5	35	1/2	98	110	235
140	≈1000	47	50	161	128	36	90	59	43	14	16	M14×1.5	15	27	M30×1.5	35	1/2	98	110	235
160	≈1200	53	56	182	144	40	90	59	43	14	18.5	M16×1.5	17	30.5	M36×1.5	39	3/4	106	120	256.5
180	≈1200	60	63	204	162	45	115	70	48	17	18.5	M18×1.5	20	35	M40×1.5	39	3/4	111	135	281
200	≈1200	60	63	226	182	50	115	74	48	17	18.5	M20×1.5	20	35	M45×1.5	39	3/4	111	135	281
250	≈1200	67	71	227	225	60	140	86	60	20	23	M24×1.5	25	41.5	M56×2	49	1	141	160	342.5
300	≈1200	76	80	330	270	70	140	96	60	20	23	M30×1.5	30	51.5	M64×2	49	1	146	175	372.5

* 带防护套的最小行程为 30mm。

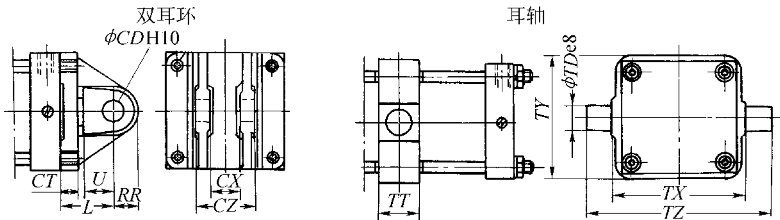
表 23.4-179 CS1 系列标准气缸脚座、法兰、单耳环安装尺寸 (mm)



适合缸径	脚座									法兰						
	零件号	X	Y	ϕLD	LH	LT	B	LX	LY	零件号	B	ϕFD	FT	FX	FY	FZ
125	CS1-L12	45	20	19	85	8	145	100	157.5	CS1-F12	145	19	14	190	100	230
140	CS1-L14	45	30	19	100	9	161	112	180.5	CS1-F14	161	19	20	212	112	255
160	CS1-L16	50	25	19	106	9	182	118	197	CS1-F16	182	19	20	236	118	275
180	CS1-L18	60	30	24	125	10	204	132	227	CS1-F18	204	24	25	265	132	320
200	CS1-L20	60	30	24	132	10	226	150	245	CS1 ~ F20	226	24	25	280	150	335
250	XS1-L25	80	40	29	160	12	277	180	298.5	CS1-F25	277	29	30	355	180	420
300	CS1-L30	90	40	33	200	15	330	212	365	CS1-F30	330	33	30	400	212	475

适合缸径	单耳环						
	零件号	RR	U	ϕCDH10	CT	□B	CX	L
125	CS1-C12	29	35	$25^{+0.084}_{0}$	17	145	$32^{-0.1}_{-0.3}$	65
140	CS1-C14	32	40	$28^{+0.084}_{0}$	17	161	$36^{-0.1}_{-0.3}$	75
160	CS1-C16	36	45	$32^{+0.010}_{0}$	20	182	$40^{-0.1}_{-0.3}$	80
180	CS1-C18	44	50	$40^{+0.010}_{0}$	23	204	$50^{-0.1}_{-0.3}$	90
200	CS1-C20	44	50	$40^{+0.010}_{0}$	25	226	$50^{-0.1}_{-0.3}$	90
250	CS1-C25	55	65	$50^{+0.010}_{0}$	30	277	$63^{-0.1}_{-0.3}$	110
300	CS1-C30	68	80	$63^{+0.120}_{0}$	37	330	$80^{-0.1}_{-0.3}$	130

表 23.4-180 CS1 系列标准气缸双耳环、耳轴安装尺寸 (mm)



（续）

适合缸径	双耳环						中间耳轴					
	零件号	*U*	ϕCDH10	*CT*	*CX*	*CZ*	气缸带耳轴型号	ϕTDe8	*TT*	*TX*	*TY*	*TZ*
125	CS1-D12	35	$25^{+0.084}_{0}$	17	$32^{+0.3}_{+0.1}$	$64^{0}_{-0.2}$	CS1TN125-行程	$32^{-0.005}_{-0.089}$	50	170	164	234
140	CS1-D14	40	$28^{+0.084}_{0}$	17	$36^{+0.3}_{+0.1}$	$72^{0}_{-0.2}$	CS1TN140-行程	$36^{-0.005}_{-0.089}$	55	190	184	262
160	CS1-D16	45	$32^{+0.100}_{0}$	20	$40^{+0.3}_{+0.1}$	$80^{0}_{-0.2}$	CS1TN160-行程	$40^{-0.005}_{-0.089}$	60	212	204	292
180	CS1-D18	50	$40^{+0.100}_{0}$	23	$50^{+0.3}_{+0.1}$	$100^{-0.1}_{-0.3}$	CS1TN180-行程	$45^{-0.005}_{-0.089}$	59	236	228	326
200	CS1-D20	50	$40^{+0.100}_{0}$	25	$50^{+0.3}_{+0.1}$	$100^{-0.1}_{-0.3}$	CS1TN200-行程	$45^{-0.005}_{-0.089}$	59	265	257	355
250	CS1-D25	65	$50^{+0.100}_{0}$	30	$63^{+0.3}_{+0.1}$	$126^{-0.1}_{-0.3}$	CS1TN250-行程	$56^{-0.060}_{-0.106}$	69	335	325	447
300	CS1-D30	80	$63^{+0.120}_{0}$	37	$80^{+0.3}_{+0.1}$	$160^{-0.1}_{-0.3}$	CS1TN300-行程	$67^{-0.060}_{-0.106}$	79	400	390	534

1.8.2　薄型气缸

1. CQ2 系列短行程薄型气缸

（1）技术规格（见表 23.4-181）

（2）外形尺寸（见表 23.4-182）

2. CQ2 系列长行程薄型气缸

（1）技术规格（见表 23.4-181）

（2）外形尺寸（见表 23.4-183、表 23.4-184）

表 23.4-181　CQ2 系列长、短行程薄型气缸技术规格

	短行程薄型气缸		长行程薄型气缸			大缸径薄型气缸			
缸径/mm	12、16 20、25	32 40	50 63	80 100	32 40	50 63	80 100	125、140 160	180 200
工作介质	经过滤的压缩空气								
动作方式	双作用、单作用：弹簧压回/弹簧压出				双作用				
环境、介质温度/℃	5～60				-10～60				
最高使用压力/MPa	1.0								
耐压/MPa	1.5								
缓冲型式	无				标准橡胶缓冲				
行程公差/mm	$^{+1.4}_{0}$								
杆端螺纹	内螺纹（标准）、外螺纹（任选）								
安装方式	通孔（标准）、两端螺孔（任选）				两端内螺纹（标准）			通孔及两端螺孔共用	
润滑	有无润滑均可								
接管螺纹 $R_c(P_T)$	M5×0.8	1/8	1/4	3/8	1/8	1/4	3/8	3/8	1/2

注：型号意义

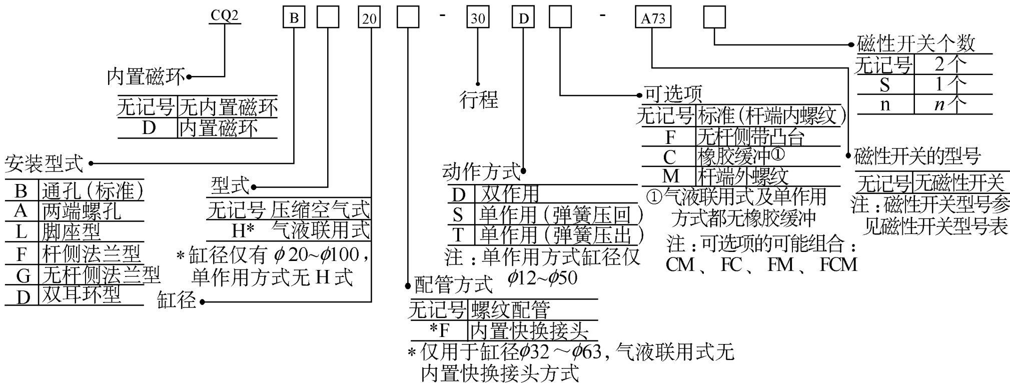


表 23.4-182　CQ2 系列短行程薄型气缸基本型（单作用/双作用）外形尺寸　（mm）

基本型（单作用/双作用）

a）

b）

c）

d）

a）通孔安装型/CQ2B（不带磁性开关）$\phi12\sim\phi25$　b）通孔安装型/CQ2B（不带磁性开关）$\phi32\sim\phi100$

c）通孔安装型/CDQ2B（带磁性开关）$\phi12\sim\phi25$　d）通孔安装型/CDQ2B（带磁性开关）$\phi32\sim\phi100$

注：图中是 D-A7、D-A8 型磁性开关的尺寸，括号内值是 D-F79L，D-J79L 型的尺寸

1）双作用气缸尺寸表

型　号	行程[①]范围	A	B	B_1	ϕD	E	E_1	F	F_1	H	C	ϕI	ϕI_1	J	K
CQ2B12-□D	5 ~ 30		17		6	25		5		M3 × 0.5	6	32			5
CDQ2B12		31.5		28			32		6.5						
CQ2B16-□D			18.5		8	29		5.5		M4 × 0.7	8	38			6
CD2B16		34		30.5			38		5.5						
CQ2B20-□D	5 ~ 50		19.5		10	36		5.5		M5 × 0.8	7	47			8
CDQ2B20		36		31.5			46.8		5.5						
CQ2B25-□D			22.5		12	40		5.5		M6 × 1.0	12	52			10
CDQ2B25		37.5		32.5			52		5.5						
CQ2B32-□D	5		23		16	45		5.5		M8 × 1.25	13	60		4.5	14
	10 ~ 50							7.5							
CDQ2B32	5 ~ 50	40		33			45		7.5						
CQ2B40-□D	5 ~ 50		29.5		16	52		8		M8 × 1.25	13	69		5	14
CDQ2B40		46.5		39.5			52		8						
CQ2B50-□D	10 ~ 50		30.5		20	64		10.5		M10 × 1.5	15	86		7	17
CDQ2B50		48.5		40.5			64		10.5						
CQ2B63-□D			36		20	77		10.5		M10 × 1.5	15	103		7	17
CDQ2B63		54		46			77		10.5						

（续）

1）双作用气缸尺寸表

型　号	行程①范围	*A*	*B*	B_1	ϕD	*E*	E_1	*F*	F_1	*H*	*C*	ϕI	ϕI_1	*J*	*K*
CQ2B80-□D	10～50		43.5		25	98		12.5		M16×2.0	21	132		6	22
CDQ2B80		63.5		53.5			98		12.5						
CQ2B100-□D			53		30	117		13		M20×2.5	27	156		6.5	27
CDQ2B100		75		63			117		13						

型　号	*L*	*M*	M_1	ϕN	ϕO	*P*	*Q*	Q_1	*S*	*U*	*V*	*W*	*Z*	Z_1
CQ2B12-□D	3.5	15.5		3.5	6.5 深 3.5	M8×0.8	7.5							
CDQ2B12			22					11	35.5	19.5	25			
CQ2B16-□D	3.5	20		3.5	6.5 深 3.5	M5×0.8	8						10	
CD2B16			28					10	41.5	22.5	29			
CQ2B20-□D	4.5	25.5		5.5	9 深 7		9						10	
CDQ2B20			36					10.5	48	24.5	36			
CQ2B25-□D	5	28		5.5	9 深 7		11						10	
CDQ2B25			40					11	53.5	27.5	40			
CQ2B32-□D	7	34		5.5	9 深 7	M5×0.8	11.5					49.5	18	
						1/8	10.5							
CDQ2B32			34			1/8		10.5	58.5	31.5				18
CQ2B40-□D	7	40		5.5	9 深 7		11					57	18	
CDQ2B40			40					11	66	35				18
CQ2B50-□D	8	50		6.6	11 深 8	1/4	10.5					71	22	
CDQ2B50			50					10.5	80	41				22
CQ2B63-□D	8	60		9	14 深 10.5		15					84	22	
CDQ2B63			60					15	93	47.5				22
CQ2B80-□D	10	77		11	17.5 深 13.5	3/8	16					104	26	
CDQ2B80			77					16	112.5	57.5				26
CQ2B100-□D	12	94		11	17.5 深 13.5		23					123.5	26	
CDQ2B100			94					23	132.5	67.5				26

2）加长行程尺寸表

型　号	行程②	*B*	*F*	*P*	*Q*
CQ2B32	75，100	33	7.5	1/8	10.5
CQ2B40	75，100	39.5	8	1/8	11
CQ2B50	75，100	40.5	10.5	1/4	10.5
CQ2B63	75，100	46	10.5	1/4	15
CQ2B80	75，100	53.5	12.5	3/8	16
CQ2B100	75，100	63	13	3/8	23

（续）

3）单作用气缸尺寸表

型号	B			φD	E	F		H	C	φI	J	K
	5st	10st	20st			5st	10st					
CQ2B12-□S	22	27	—	6	25	5	5	M3×0.5	6	32	—	5
CQ2B16-□S	23.5	28.5	—	8	29	5.5	5.5	M4×0.7	8	38	—	6
CQ2B20-□S	24.5	29.5	—	10	36	5.5	5.5	M5×0.8	7	47	—	8
CQ2B25-□S	27.5	32.5	—	12	40	5.5	5.5	M6×1.0	12	52	—	10
CQ2B32-□S	28	33	—	16	45	5.5	7.5	M8×1.25	13	60	4.5	14
CQ2B40-□S	34.5	39.5	—	16	52	8	8	M8×1.25	13	69	5	14
CQ2B50-□S	—	40.5	50.5	20	64	10.5	10.5	M10×1.5	15	86	7	17

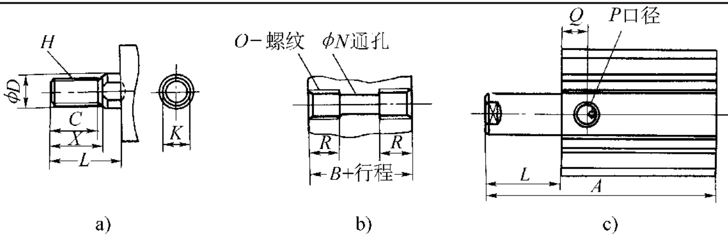
型号	L	M	φN	φO	P			Q		W	Z
					5st	10st	20st	5st	10st		
CQ2B12-□S	3.5	15.5	3.5	6.5 深 3.5	M5×0.8		—	7.5	7.5	—	—
CQ2B16-□S	3.5	20	3.5	6.5 深 3.5	M5×0.8		—	8	8	—	10
CQ2B20-□S	4.5	25.5	5.5	9 深 7	M5×0.8		—	9	9	—	10
CQ2B25-□S	5	28	5.5	9 深 7	M5×0.8		—	11	11	—	10
CQ2B32-□S	7	34	5.5	9 深 7	M5×0.8	1/8	—	11.5	10.5	49.5	18
CQ2B40-□S	7	40	5.5	9 深 7	1/8		—	11	11	57	18
CQ2B50-□S	8	50	6.6	11 深 8	—	1/4		10.5	10.5	71	22

注：st 为行程。

① 标准行程是每 5mm 相隔。

② 行程由 55～100mm 之间的中间行程（55mm，60mm，65mm，70mm，80mm，85mm，90mm，95mm），加 5mm，10mm，15mm 或 20mm 厚的垫板。

表 23.4-183　CQ2 系列短行程薄型气缸基本型（单作用/双作用）杆螺纹等尺寸　（mm）



a）活塞杆外螺纹　b）两端螺孔安装型/CQ2A、CDQ2A　c）单作用/弹簧压出型 φ12～φ50

活塞杆外螺纹							两端螺孔			单作用/弹簧压出						
缸径	C	X	φD	H	L	K	缸径	O	R	缸径	A			L		
											5st	10st	20st	5st	10st	20st
12	9	10.5	6	M5×0.8	14	5	12	M4×0.7	7							
16	10	12	8	M6×1.0	15.5	6	16	M4×0.7	7	12	30.5	40.5	—	8.5	13.5	—
20	12	14	10	M8×1.25	18.5	8	20	M6×1.0	10	16	32	42	—	8.5	13.5	—
25	15	17.5	12	M10×1.25	22.5	10	25	M6×1.0	10	20	34	44	—	9.5	14.5	—
32	20.5	23.5	16	M14×1.5	28.5	14	32	M6×1.0	10	25	37.5	47.5	—	10	15	—

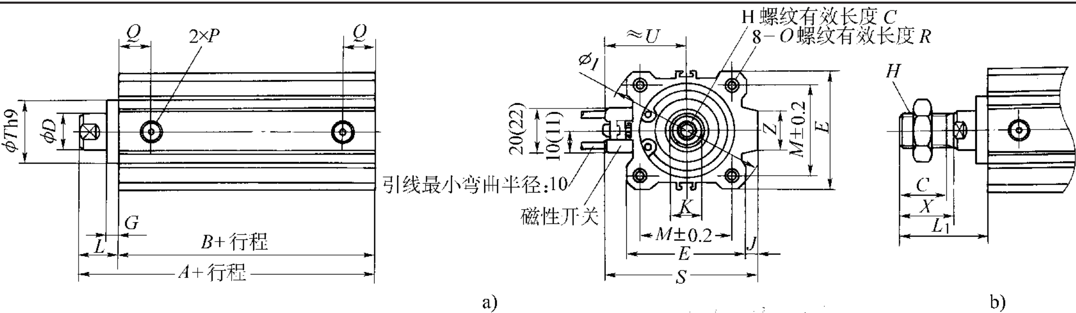
（续）

活塞杆外螺纹							两 端 螺 孔		
缸径	C	X	ϕD	H	L	K	缸径	O	R
40	20.5	23.5	16	M14×1.5	28.5	14	40	M6×1.0	10
50	26	28.5	20	M18×1.5	33.5	17	50	M8×1.25	14
63	26	28.5	20	M18×1.5	33.5	17	63	M10×1.5	18
80	32.5	35.5	25	M22×1.5	43.5	22	80	M12×1.75	22
100	32.5	35.5	30	M26×1.5	43.5	27	100	M12×1.75	22

单作用/弹簧压出						
缸径	A			L		
	5st	10st	20st	5st	10st	20st
32	40	50	—	12	17	—
40	46.5	56.5	—	12	17	—
50	—	58.5	78.5	—	18	28

* 除非有特别指明，通孔型气缸尺寸和两端螺孔气缸尺寸是一样的

表 23.4-184　CQ2 系列长行程薄型气缸(双作用)外形尺寸　（mm）



a）CQ2A/CDQ2A(杆端内螺纹)　b）CQ2A/CDQ2A(杆端外螺纹)

注：括号内的值是 D-A7、D-A8 以外其他磁性开关的尺寸

缸径	行程	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L	M	O
32	125～200 250，300	62.5	45.5	13	16	45	5	M8×1.25	60	4.5	14	17	34	M6×1.0
40		72	55	13	16	52	5	M8×1.25	69	5	14	17	40	M6×1.0
50		73.5	55.5	15	20	64	5	M10×1.5	86	7	17	18	50	M8×1.25
63		75	57	15	20	77	5	M10×1.5	103	7	17	18	60	M10×1.5
80		86	66	21	25	98	5	M16×2.0	132	6	22	20	77	M12×1.75
100		97.5	75.5	27	30	117	5	M20×2.5	156	6.5	27	22	94	M12×1.75

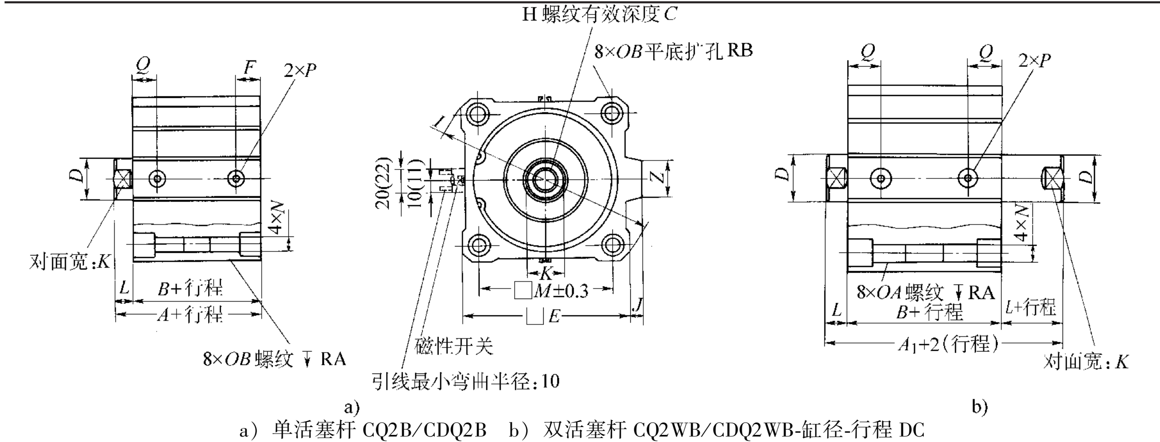
缸径	P	Q	R	S	T h9	U	Z	C	H	L_1	X
32	Rc(PT)1/8	12.5	10	58.5	$22^{0}_{-0.052}$	31.5	18	20.5	M14×1.5	38.5	23.5
40	Rc(PT)1/8	14	10	66	$28^{0}_{-0.052}$	35	18	20.5	M14×1.5	38.5	23.5
50	Rc(PT)1/4	14	14	80	$35^{0}_{-0.062}$	41	22	26	M18×1.5	43.5	28.5
63	Rc(PT)1/4	16.5	18	93	$35^{0}_{-0.062}$	47.5	22	26	M18×1.5	43.5	28.5
80	Rc(PT)3/8	19	22	112.5	$43^{0}_{-0.062}$	57.5	26	32.5	M22×1.5	53.5	35.5
100	Rc(PT)3/8	23	22	132.5	$59^{0}_{-0.074}$	67.5	26	32.5	M26×1.5	53.5	35.5

3. CQ2 系列大缸径薄型气缸

（1）技术规格(见表 23.4-181)

（2）外形尺寸(见表 23.4-185、表 23.4-186)

表 23.4-185　CQ2 系列大缸径薄型气缸(双作用)外形尺寸　（mm）



a）单活塞杆 CQ2B/CDQ2B　b）双活塞杆 CQ2WB/CDQ2WB-缸径-行程 DC

缸径	标准行程	A	A_1	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	OA	OB	P	Q	RA	RB	Z
125	10，20，30，40，50，75，100，125，150，175，200，250，300	99	115	83	30	36	142	24.5	M22×2.5	190	11	32	16	114	12.5	M14×2	21.2	3/8	24.5	25	18.4	32
140		99	115	83	30	36	158	24.5	M22×2.5	210	10	32	16	128	12.5	M14×2	21.2	3/8	24.5	25	18.4	32
160		108	125	91	33	40	178	27.5	M24×3	238	10	36	17	144	14.5	M16×2	24.2	3/8	27.5	28	21.2	32

注：1. 括号内的值是 D-A7、D-A8 以外其他磁性开关的尺寸。
2. 非标准行程是把垫板安装在标准行程气缸内。
3. 如采用通孔作安装，必须使用附送的垫圈。
4. 表中图 b 为双活塞杆内螺纹薄型气缸，SMC 公司还生产大缸径双活塞杆外螺纹薄型气缸。

表 23.4-186　CQ2 系列大缸径薄型气缸杆端外螺纹等尺寸　（mm）

（杆端外螺纹）

缸径	A	C	D	H	K	L	X
125	141	42	36	M30×1.5	32	58	45
140	141	42	36	M30×1.5	32	58	45
160	155	47	40	M36×1.5	36	64	50

4. RQ、RDQ 系列气缓冲薄型气缸(见表 23.4-187)

表 23.4-187　RQ、RDQ 系列气缓冲薄型气缸①

简　图	特点	缸径 /mm	接管螺纹	行程范围（公差）/mm	动作方式	杆端螺纹	使用压力范围 /MPa	活塞速度 /mm·s⁻¹	环境及介质温度 /℃	安装型式
	新的气缓冲机构。与 CQ2 等系列相比，气缸的总长仅增加了几毫米，但缓冲能力增加 2 倍，重复精度也有所提高	20	M5×0.8	15~50 $\left(\begin{smallmatrix}+1.0\\0\end{smallmatrix}\right)$	单杆双作用	内螺纹	0.05~1.0	50~500	-10~70（无磁性开关），-10~60（带磁性开关）	通孔、两端螺孔，脚架型、杆侧法兰型、无杆侧法兰型、双耳环型
		25								
		32	Rc⅛	20~100 $\left(\begin{smallmatrix}+1.0\\0\end{smallmatrix}\right)$						
		40								
		50	Rc¼	30~100 $\left(\begin{smallmatrix}+1.0\\0\end{smallmatrix}\right)$						

① RDQ 系列为内置磁环型薄型气缸，可带磁性开关。

1.8.3　气爪（2爪、3爪、4爪）（见表23.4-188）

表23.4-188　MHZ（2爪）、MHL2（2爪）、MHY2（180°）、MHR3（3爪）、MHS4（4爪）系列气爪

类别		系　列	简　图	动作方式	缸径/mm	夹持力/N	开闭行程/mm	最高动作频率/次·min⁻¹	特　点
平行开闭型	标准型	MHZ2		单作用{常开、常闭} 双作用	6～40	外径夹持力：3.3～217 内径夹持力：6.1～318	4～30	180	最小爪厚10mm，紧凑。由一个气缸及杠杆构成，有较大的夹持力，重复精度：±0.01～±0.02mm，适合小件高精度自动组装
	小型	MHZA2（无防尘罩） MHZAJ2（带防尘罩）	MHZA2-6 MHZAJ2-6	单作用{常开、常闭} 双作用	6	外径夹持力：1.9～3.3 内径夹持力：3.7～6.1	4	180	
	长行程型	MHZL2		单作用{常开、常闭} 双作用	10～25	外径夹持力：11～65 内径夹持力：13～104	8～22	120	
	带防尘罩型	MHZJ2		单作用{常开、常闭} 双作用	6～25	外径夹持力：1.9～65 内径夹持力：3.7～104	4～14	180	
	宽型	MHL2		双作用	10～40	14～396	20～200	20～60	双活塞机构增大夹持力，齿轮齿条操作使手爪开闭同步，特殊密封防尘。手爪行程长适合夹持体积大的物件
	4①爪型	MHS4		双作用	16～63	10～251	4～16	60～120	楔形凸轮机构可增大夹持力，重复精度：±0.01mm，适合夹持正方形物件
支点开闭型	旋转180°开闭型（2爪）	MHY2		双作用	10～25	0.16～0.28力矩N·m	关闭时夹持距离：22～45	60	内置磁环型可安装磁性开关，两爪180°开闭，简化拾放动作。气爪开闭部分可防微物进入，重复精度±0.2mm

（续）

类别		系　　列	简　　图	动作方式	缸径/mm	夹持力/N	开闭行程/mm	最高动作频率/次・min⁻¹	特　　点
旋转驱动型	3①爪型	MHR3		双作用	10	7(闭)	6	180	高度小，可用于清洁室，重复精度±0.01mm，对中精度±0.05mm，适合夹持球形、圆筒形工件
						6.5(开)			
					15	13(闭)	8		
						12(开)			

注：除有①符号的气爪均2爪型。

1.8.4 无活塞杆气缸

1. $CY1_S^B$ 系列磁耦式无杆气缸

(1) 技术规格(见表23.4-189)

(2) 外形尺寸(见表23.4-190～表23.4-195)

表23.4-189 $CY1_S^B$ 系列磁耦式无杆气缸技术规格

缸径①/mm	接管螺纹	环境与介质温度/℃	动作方式	使用压力范围/MPa	耐压/MPa	活塞速度/mm・s⁻¹	缓冲	行程公差/mm	最大负载力/N	磁耦②保持力/N	磁耦保②持力相应的压力/MPa	润滑
6	M5×0.8	基本型、滑尺型(滑动轴承)：5～60 滑尺型(球轴承)：-10～60	双作用	0.18～0.7	1.0	基本型、滑尺型：50～400，球轴承型50～1000	基本型、滑尺型(滑动轴承)：两端橡胶缓冲，滑尺型(球轴承)：两端橡胶缓冲与液压缓冲器缓冲(任选)	0～250 $^{+1.0}_{0}$，251～1000 $^{+1.0}_{0}$，≥1001 $^{+1.8}_{0}$	17.5	19.6	0.7	有无润滑均可
10									30	53.9	0.7	
15									75	137.3	0.79	
20	Rc⅛								120	231	0.76	
25									200	362.8	0.75	
32									320	588.4	0.74	
40	Rc¼								500	921.8	0.75	
50										1471	0.76	
63										2255.5	0.74	

① 滑尺型(滑动轴承,CY1S)，滑尺型(球轴承CY1L)没有50mm、63mm的缸径。

② 为滑尺型(CY1S)高保持力的值。

注：型号意义

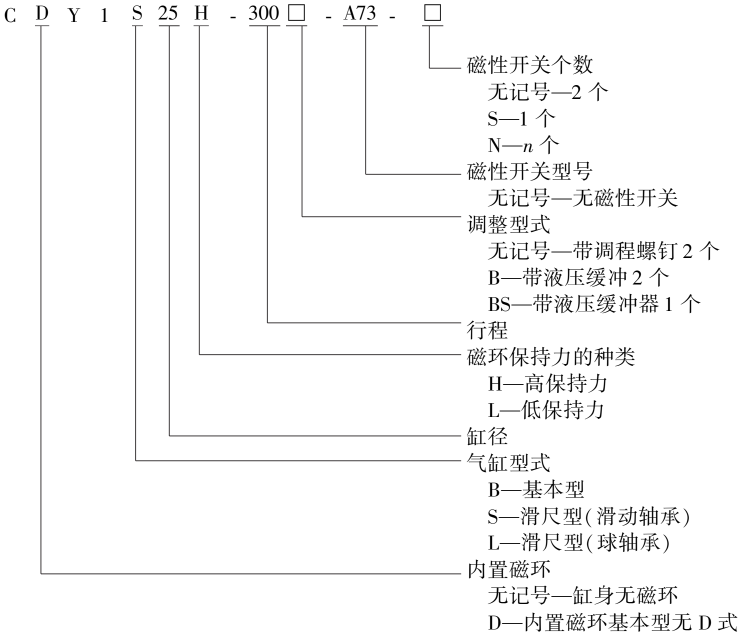
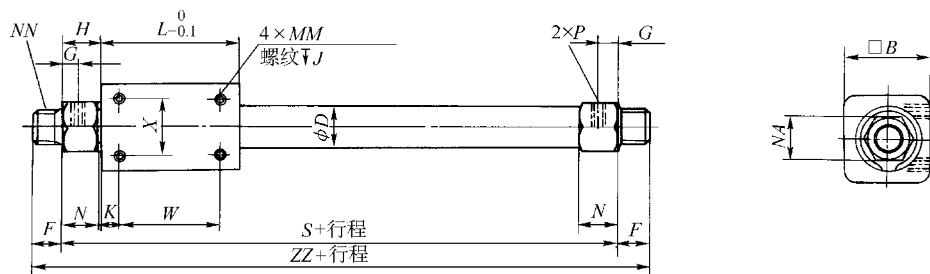
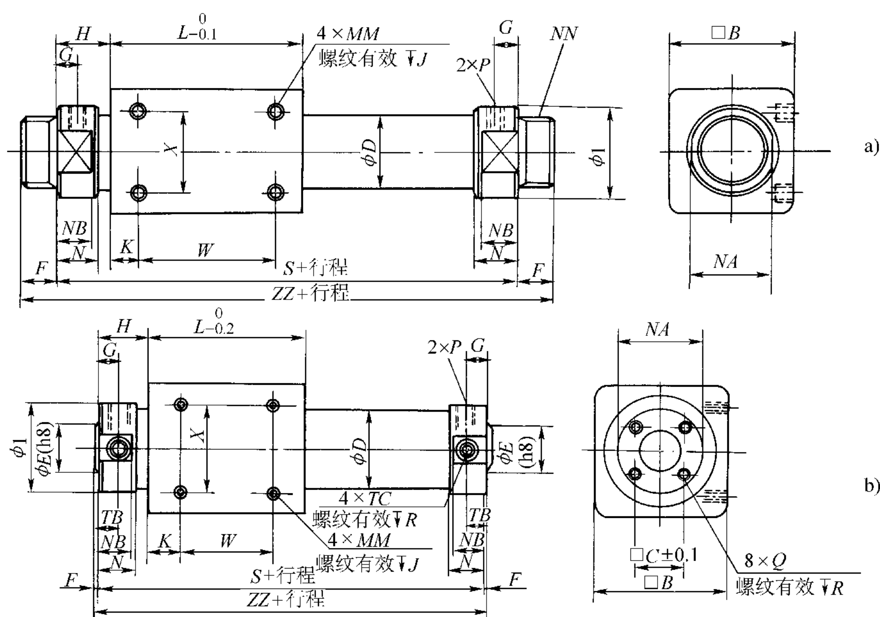


表 23.4-190　CY1B6、10、15 系列磁耦式无杆气缸基本型外形尺寸　（mm）



型号	行程范围	供气口 P	ϕD	□B	F	G	H	K	L	N	NA	MM×J	NN	S	W	X	ZZ
CY1B6	~300	M5×0.8	7.6	17	9	5	14	5	35	10	14	M3×0.5×4.5	M10×1.0	63	25	10	81
CY1B10	~500	M5×0.8	12	25	9	5	12.5	4	38	11	14	M3×0.5×4.5	M10×1.0	63	30	16	81
CY1B15	~1000	M5×0.8	17	35	10	5.5	13	11	57	11	17	M4×0.7×6	M10×1.0	83	35	19	103

表 23.4-191　CY1B20~63 系列磁耦式无杆气缸基本型外形尺寸　（mm）



a）CY1B20、25、32、40　b）CY1B50、63

型号	行程范围	供气口 P	□B	□C	ϕD	ϕE(h8)	F	G	H	I	K	L	MM×J	N
CY1B20	≈2000	1/8	36	—	22.8	—	13	8	20	28	8	66	M4×0.7×0.6	15
CY1B25	≈2000	1/8	46	—	27.8	—	13	8	20.5	34	10	70	M5×0.8×8	15
CY1B32	≈2000	1/8	60	—	35	—	16	9	22	40	15	80	M6×1.0×8	17
CY1B40	≈2000	1/4	70	—	43	—	16	11	29	50	16	92	M6×1.0×10	21
CY1B50	≈2000	1/4	86	32	53	$30^{0}_{-0.033}$	2	14	33	58.2	25	110	M8×1.25×12	25

（续）

型号	行程范围	供气口 *P*	□*B*	□*C*	*ϕD*	*ϕE*(h8)	*F*	*G*	*H*	*I*	*K*	*L*	*MM*×*J*	*N*
CY1B63	≈2000	1/4	100	38	66	$32_{-0.039}^{0}$	2	14	33	72.2	26	122	M8×1.25×12	25

型号	*NA*	*NB*	*NN*	*Q*×*R*	*S*	*TB*	*TC*×*R*	*W*	*X*	*ZZ*
CY1B20	24	13	M20×1.5	—	106	—	—	50	25	132
CY1B25	30	13	M26×1.5	—	111	—	—	50	30	137
CY1B32	36	15	M26×1.5	—	124	—	—	50	40	156
CY1B40	46	19	M32×2.0	—	150	—	—	60	40	182
CY1B50	55	23	—	M8×1.25×16	176	14	M12×1.25×7.5	60	60	80
CY1B63	69	23	—	M10×1.5×16	188	14	M14×1.5×11.5	70	70	192

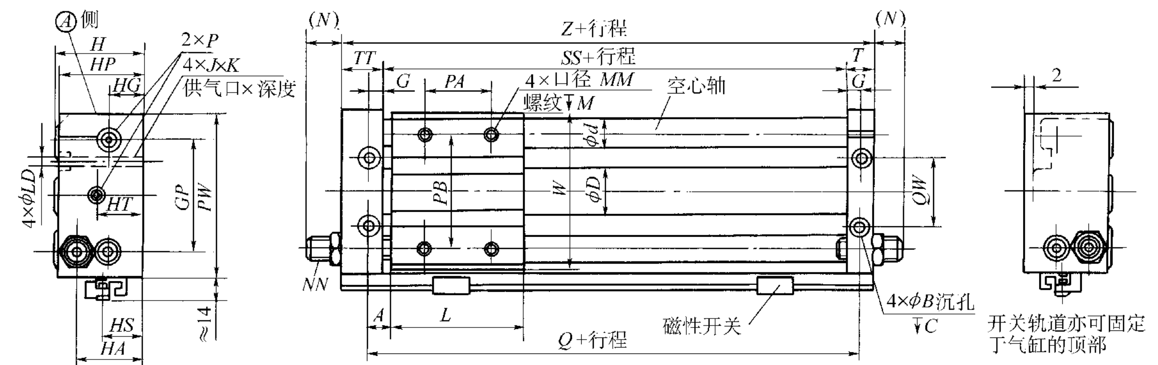
表 23.4-192　CY1S/CDY1S 6、10 系列磁耦式无杆气缸滑尺型(滑动轴承)外形尺寸　　(mm)

型号	行程范围	*ϕD*	*ϕd*	*A*	*ϕB*	*C*	*HT*	*G*	*GP*	*H*	*HA*	*HG*	*HP*	*HS*	*T*	*J*×*K*
CY1S6 CDY1S6	≈300	7.6	8	6	6.5	3	17	5	32	27	19	8	26	8	10	M4×0.7×6.5
CY1S10 CDY1S10	≈500	12	10	7.5	8	4	18	6.5	40	34	25.5	12	33	14	12.5	M5×0.8×9.5

型号	*L*	*LD*	*M*	*MM*	*NN*	(*N*)	*P*	* *PA*	*PB*	*PW*	*QW*	*Q*	*S*	*TT*	*Z*	*W*
CY1S6 CDY1S6	40	3.5	6	M4×0.7	M8×1.0	10	M5×0.8	25	25	50	16	52	42	16	68	46
CY1S10 CDY1S10	45	4.3	6	M4×0.7	M8×1.0	9.5	M5×0.8	25	38	60	24	60	47	20.5	80	58

注：磁性开关亦可安装于Ⓐ侧 * *PA* 的尺寸中心与 *L* 尺寸的中心相同。

表 23.4-193　CY1S/CDY1S 15～40 系列磁耦式滑尺型(滑动轴承)无杆气缸外形尺寸　（mm）



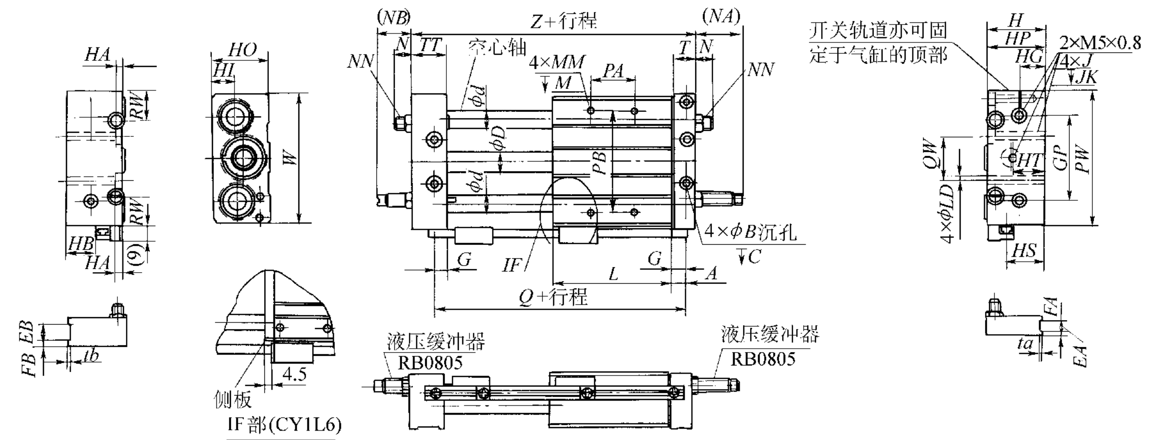
型号	行程范围	φD	φd	A	φB	C	HT	G	GP	H	HA	HG	HP	HS	T	J×K
C□Y1S15	≈750	16.6	12	7.5	9.5	5	21	6.5	52	40	29	13	39	15	12.5	M6×1.0×9.5
C□Y1S20	≈1500	21.6	16	10	9.5	5.2	20	8.5	62	46	36	17	45	25.5	16.5	M6×1.0×9.5
C□Y1S25	≈1500	26.4	16	10	11	6.5	20	8.5	70	54	40	20	53	23	16.5	M8×1.25×10
C□Y1S32	≈1500	33.6	20	12.5	14	8	24	9.5	86	66	46	24	64	27	18.5	M10×1.5×15
C□Y1S40	≈1500	41.6	25	12.5	14	8	25	10.5	104	76	57	25	74	30	20.5	M10×1.5×15

型号	L	LD	M	MM	NN	(N)	P	PA	PB	PW	QW	Q	S	TT	Z	W
C□Y1S15	60	5.6	8	M5×0.8	M8×10	7.5	M5×0.8	30	50	75	30	75	62	22.5	97	72
C□Y1S20	70	5.6	10	M6×1.0	M10×1.0	9.5	1/8	40	70	90	38	90	73	25.5	115	87
C□Y1S25	70	7	10	M6×1.0	M14×1.5	11	1/8	40	70	100	42	90	73	25.5	115	97
C□Y1S32	85	8.7	12	M8×1.25	M20×1.5	11.5	1/8	40	75	122	50	110	91	28.5	138	119
C□Y1S40	95	8.7	12	M8×1.25	M20×1.5	10.5	1/8	65	105	145	64	120	99	35.5	155	142

注：1. PA 的尺寸中心与 L 尺寸的中心相同。

2. 磁性开关亦可安装于Ⓐ侧。

表 23.4-194　CY1L6，10 系列滑尺型无杆气缸(球轴承)外形尺寸　（mm）



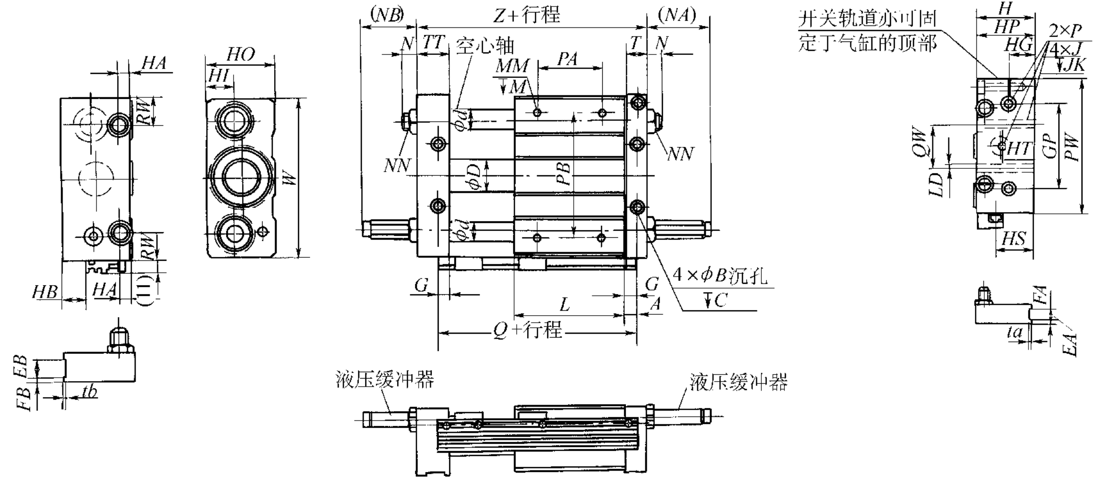
（续）

型号	行程范围	A	φB	C	φD	φd	EA	EB	FA	FB	G	GP	H	HA	HB	HG	HI	HO	HP	HS	HT
CY1L6	≈300	7	6.5	3	7.6	8	—	—	—	—	6	36	27	6	10	11	9	25	26	14	16
CY1L10	≈500	8.5	8	4	12	10	6	12	3	5	7.5	50	34	6	17.5	14.5	13.5	33	33	21.5	18

型号	J	JK	L	LD	M	MM	N	(NA)	(NB)	NN	*PA	PB	PW	Q	QW	RW	T	TT	ta	tb	W	Z
CY1L6	M4×0.7	6.5	40	3.5	6	M4×0.7	10	30	24	M8×1.0	24	40	60	54	20	12	10	16	—	—	56	68
CY1L10	M5×0.8	9.5	68	4.3	8	M4×0.7	9.5	27	19	M8×1.0	30	60	80	85	26	17.5	12.5	20.5	0.5	1.0	77	103

注：*PA* 的尺寸中心与 *L* 尺寸的中心相同。

表 23.4-195 CY1L15～40 系列滑尺型无杆气缸（球轴承）外形尺寸 （mm）



型号	行程范围	A	φB	C	φD	φd	EA	EB	FA	FB	G	GP	H	HA	HB	HG	HI	HO	HP	HS	HT	J	JK	L	LD
CY1L15	≈750	7.5	9.5	5	16.6	12	6	13	3	6	6.5	65	40	6.5	4	16	14	38	39	25	16	M6×1.0	9.5	75	5.6
CY1L20	≈1500	9.5	9.5	5.2	21.6	16	8	14	4	7	8.5	80	46	9	10	18	16	44	45	31	20	M6×1.0	10	86	5.6
CY1L25	≈1500	9.5	11	6.5	26.4	16	8	14	4	7	8.5	90	54	9	18	23	21	52	53	39	20	M8×1.25	10	86	7
CY1L32	≈1500	10.5	14	8	33.6	20	8	16	5	7	9.5	110	66	12	26.5	26.5	24.5	64	64	47.5	25	M10×1.5	15	100	8.7
CY1L40	≈1500	11.5	14	8	41.6	25	10	10	5	20	10.5	130	78	12	35	30.5	28.5	76	74	56	30	M10×1.5	15	136	8.6

型号	M	MM	N	(NA)	(NB)	NN	P	PA	PB	PW	Q	QW	RW	T	ta	tb	TT	W	Z	液压缓冲器
CY1L15	8	M5×0.8	7.5	27	17	M8×1.0	M5×0.8	45	70	95	90	30	15	12.5	0.5	1.0	22.5	92	112	RB0805
CY1L20	10	M6×1.0	10	29	20	M10×1.0	Rc(PT)⅛	50	90	120	105	40	28	16.5	0.5	1.0	25.5	117	130	RB1006
CY1L25	10	M6×1.0	11	49	40	M14×1.5	Rc(PT)⅛	60	100	130	105	50	22	16.5	0.5	1.0	25.5	127	130	RB1411
CY1L32	12	M8×1.25	11.5	52	42	M20×1.5	Rc(PT)⅛	70	120	160	121	60	33	18.5	0.5	1.0	28.5	157	149	RB205
CY1L40	12	M8×1.25	10.5	51	36	M20×1.5	Rc(PT)¼	90	140	190	159	84	35	20.5	1.0	1.0	35.5	187	194	RB2015

2. CY1R 系列直接安装型无杆气缸(磁耦式)(见表 23.4-196)

表 23.4-196　CY1R 系列直接安装型无杆气缸(磁耦式)

型号	简图	特点	缸径/mm	接管螺纹	环境与介质温度/℃	使用压力范围/MPa	行程①范围/mm	行程公差/mm	活塞速度/mm·s^{-1}	缓冲	最大负载/N	不回转精度/(°)	最大转矩/N·m	不回转精度对应的允许行程/mm
CY1R6		内置磁环可配合磁性开关控制，滑台可防扭转，供气口可集中配置于某一侧(单侧接管)	6	M5×0.8	-10~60	0.16~0.7	≈300	$0\sim250^{+1.0}_{0}$ $250\sim1000^{+1.4}_{0}$ $\geqslant1001^{+1.8}_{0}$	50~500	两端橡胶缓冲	1.96	7.3	0.02	100
CY1R10			10				≈500				3.90	6.0	0.05	100
CY1R15			15				≈1000				9.81	4.5	0.15	200
CY1R20			20	Rc⅛			≈1500				10.8	3.7	0.20	300
CY1R25			25				≈2000				11.8	3.7	0.25	
CY1R32			32								14.7	3.1	0.40	400
CY1R40			40	Rc¼							19.6	2.8	0.62	
CY1R50			50								24.5	2.4	1.00	500
CY1R63			63								29.4	2.2	1.37	

① 表中的值为不带磁性开关的行程，带磁性开关时(缸径≥15mm)稍小于表中值，缸径 6mm 的气缸只有两侧接管安装(无单侧接管安装)。

1.8.5　带导杆型气缸(见表 23.4-197)

表 23.4-197　MGQ、MGP、MGG 系列带导杆型气缸

名称	系列	简图	特点	缸径/mm	最大标准行程①/mm	行程偏差/mm	使用压力范围/MPa	活塞速度/(mm/s)	动作方式	缓冲型式	轴承	活塞杆不回转精度/(°)	最大横向负载范围/N	最大转矩范围/N·m
薄型带导杆气缸	MGQM MGQL		体积小，耐横向负载及横向扭矩能力强，滑动轴承、球轴承可任选	12 16	100	$^{+1.5}_{0}$	0.12~1.0	50~500	双作用	橡胶缓冲	滑动轴承(MGQM)	±0.04~±0.08	12~539	0.16~22.54
				20 25 32 40 50 63 80 100	200						球轴承(MGQL)	±0.05~±0.1	17~1370	0.31~63.7
新薄型带导杆气缸	MGPM MGPL		体积小，耐横向负载及横向扭矩能力强，滑动轴承、球轴承可任选	12 16	100	$^{+1.5}_{0}$	0.12~1.0	50~500	双作用	橡胶缓冲	滑动轴承(MGPM)	±0.04~±0.08	13~515	0.21~38.8
				20 25 32 40 63 80 100	200						球轴承(MGPL)	±0.05~±0.1	18~395	0.57~41.1

（续）

<table>
<tr><th>名称</th><th>系列</th><th>简　　图</th><th>特点</th><th>缸径/mm</th><th>最大标准行程[①]/mm</th><th>行程偏差/mm</th><th>使用压力范围/MPa</th><th>活塞速度/(mm/s)</th><th>动作方式</th><th>缓冲型式</th><th>轴承</th><th>活塞杆不回转精度/(°)</th><th>最大横向负载范围/N</th><th>最大转矩范围/N·m</th></tr>
<tr><td rowspan="8">带导杆气缸</td><td rowspan="8">MGGM
MGGL</td><td rowspan="8"></td><td rowspan="8">内置液压缓冲器，有行程调整机构，耐横向负载能力强，不回转精度高，可任选轴承</td><td>20</td><td>200
(400)</td><td rowspan="8">+1.9
+0.2</td><td rowspan="8">0.15
~
1.0</td><td rowspan="6">50
~
1000</td><td rowspan="8">双作用</td><td rowspan="8">内置液压缓冲器(2个)</td><td rowspan="4">滑动轴承(MGGM)</td><td rowspan="4">±0.03
~
±0.06</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>25</td><td rowspan="7">300
(1300)</td></tr>
<tr><td>32</td></tr>
<tr><td>40</td></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="4">球轴承(MGGL)</td><td rowspan="4">±0.02
~
±0.03</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>63</td></tr>
<tr><td>80</td><td rowspan="2">50~
700</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
</table>

① 括号中的值为最大长行程。

1.8.6　磁性开关

(1) 技术规格及安装、应用(见表23.4-198)

(2) 磁性开关电路(见图23.4-45)

1. D系列有触点(舌簧型)磁性开关

表23.4-198　D系列有触点(舌簧型)磁性开关技术规格及安装、应用

<table>
<tr><th>型号</th><th>适合负载</th><th>负载电压及电流范围/mA</th><th>触点保护回路</th><th>内部电压降/V</th><th>指示灯</th><th colspan="2">安装型式</th><th>适合气缸</th></tr>
<tr><td>D-93A</td><td rowspan="7">继电器，程序控制器</td><td rowspan="7">DC24V：5~40
AC200V：5~20</td><td rowspan="7">无</td><td rowspan="7">≤2.4</td><td rowspan="7">接通时发光二极管亮</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CDJP，CDRQ系列</td></tr>
<tr><td>D-A73</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CDJ2，CDQ2，CDRA1，CDRQ，CD□X，CDY1S，CD85</td></tr>
<tr><td>D-A93</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CDU，ZCDU系列</td></tr>
<tr><td>D-C73</td><td colspan="2">环带安装</td><td>CDJ2，CDM2，MGG，CDG1，CD65，CD75，CD85</td></tr>
<tr><td>D-R731</td><td rowspan="2">轨道安装</td><td>右</td><td rowspan="2">CDRB系列</td></tr>
<tr><td>D-R732</td><td>左</td></tr>
<tr><td>D-Z73</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CXS，MY1M系列</td></tr>
<tr><td>D-A56</td><td rowspan="5">IC电路</td><td rowspan="5">DC4~8V：≤20</td><td rowspan="5">无</td><td rowspan="5">≤0.7</td><td rowspan="5">接通时发光二极管亮</td><td colspan="2">拉杆安装</td><td>CDA1，CDS1，MDB，CD95</td></tr>
<tr><td>D-A76H</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CDJ2，CDQ2，CDRA1，CDRQ，CD□X，CDYIS，CD85</td></tr>
<tr><td>D-A96</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CDU，ZCDU系列</td></tr>
<tr><td>D-C76</td><td colspan="2">环带安装</td><td>CDJ2，CDM2，MGG，CDG1，CD65，CD75，CD85</td></tr>
<tr><td>D-Z76</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CXS，MYM系列</td></tr>
<tr><td>D-90A</td><td rowspan="7">继电器，程序控制器，IC电路</td><td rowspan="7">AC/DC24V：≤50
AC/DC48V：≤40
AC/DC100V：≤20</td><td rowspan="7">无</td><td rowspan="7">0</td><td rowspan="7">无</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CDJP，CDRQ系列</td></tr>
<tr><td>D-A80</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CDJ2，CDQ2，CDRA1，CDRQ，CD□X，CDY1S，CD85</td></tr>
<tr><td>D-A90</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CDU，ZCDU系列</td></tr>
<tr><td>D-C80</td><td colspan="2">环带安装</td><td>CDJ2，CDM2，MGG，CDG1，CD65，CD75，CD85</td></tr>
<tr><td>D-R801</td><td rowspan="2">轨道安装</td><td>右</td><td rowspan="2">CDRB系列</td></tr>
<tr><td>D-R802</td><td>左</td></tr>
<tr><td>D-Z80</td><td colspan="2">轨道安装</td><td>CXS，MYM系列</td></tr>
</table>

（续）

型号	适合负载	负载电压及电流范围/mA	触点保护回路	内部电压降/V	指示灯	安装型式	适合气缸
D-A54	继电器，程序控制器	DC24V：5～50 AC100V：5～25 AC200V：5～12	无	≤2.4	接通时发光二极管亮	拉杆安装	CDA1，CDS1，MDB，CD95
D-B54						环带安装	CDG1B□80-100
D-A64	继电器，程序控制器，IC电路	AC/DC24V：≤50 AC100V：≤25 AC200V：≤12.5	有	内阻≤10Ω	无	拉杆安装	CDA1，CDS1，MDB，CD95
D-B64						环带安装	CDG1B□80-100
D-A72	继电器，程序控制器	AC200V：5～10	无	<2.4	接通时发光二极管亮	轨道安装	CXT，RSDQ，CDJ2，CDQ2，MDU，CDRA1，CDRQ，MRQ，MK，C□X2，C□XW，CDY1S，CY1L，MHT2
D-90	继电器，程序控制器，IC回路	AC/DC24V：≤50	无	0	无	直接安装	MDSUB
D-97	继电器，程序控制器	DC24V：5～40	无	<2.4	接通时发光二极管亮		

注：1. 泄漏电流：无。
2. 响应时间：1.2ms。
3. 电线：防油乙烯基橡皮绝缘软电线 ϕ3.4mm，0.2mm^2，2芯(红、黑)3芯(红、黑、白)3m长。
4. 耐冲击：30G。
5. 绝缘：DC500V量度时最少50MΩ(电线与壳体之间)。
6. 耐电压：AC1500V1min(电线与壳体之间)。
7. 环境温度：-10～+60℃。
8. 保护构造：IEC规格IP67，防浸(JISC0920)及防油构造。

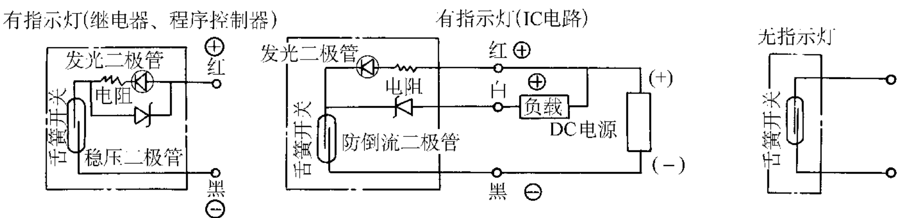


图23.4-45　D系列有触点(舌簧型)磁性开关电路

2. D系列无触点(固态电子型)磁性开关

（1）技术规格及安装、应用(见表23.4-199)

（2）磁性开关内部电路与基本连接(见图23.4-46)

表 23.4-199 D 系列无触点(固态电子型)磁性开关技术规格及安装、应用

型号	规格										
	线制	适合	电源/V	电流消耗/mA	负载电压/V	负载电流/mA	内部电压降/V	泄漏电流/mA	安装型式		适合气缸
D-F59	3线制	继电器，程序控制器，IC 电路	DC：5、12、24	断开时≤1 接通时≤12	DC：≤28	≤150	50mA 时≤0.4 150mA 时≤0.8	DC：24V ≤0.01	拉杆安装		CDA1，CDS1，MDB，CD95
D-F79									轨道安装		CDJ2，CDS2，CDRQ，CD□X，CDYIS，CD85
D-F9N									轨道安装		CDU，ZCDU，MHZ2-6
D-G59									环带安装		CDG1B□8-100
D-H7A1									环带安装		CDJ2，CDM2，MGG，CDG1，CD65，CD75，CD85
D-S791									轨道安装	右	CDRB1BW20-30，CDRB 系列
D-S792										左	
D-S991									轨道安装	右	CDRB1BW10-15
D-S992										左	
D-Y59A									轨道安装		CXS，MH 系列
D-Y69A											
D-F9B	2线制	24V 继电器，程序控制器	—	—	DC：24（DC：10～28）	5～150	≤3	DC：24V ≤1	轨道安装		CDU，ZCDU，MHZ2-6
D-H7B									环带安装		CDJ2，CDM2，MGG，CDG1，CD65，CD75，CD85
D-J59									拉杆安装		CDA1，CDS1，MDB，CD95
D-J79									轨道安装		CDJ2，CDM2，CDRQ，CD□X，CDY1S，CD85
D-K59									环带安装		CDG1B□80-100
D-T791									轨道安装	右	CDRB1BW20-30，CDRB 系列
D-T792										左	
D-T991									轨道安装	右	CDRB1BW10-15
D-T992										左	
D-Y59B									轨道安装		CXS，MH 系列
D-Y69B											
D-J51	2线制	AC 继电器，程序控制器	—	—	AC：50～260	≤5～80	≤8	AC100V ≤1 AC200V ≤1.5	拉杆安装		CDA1，CDS1，MDB，CD95

注：1. 输出：NPN 型(3 线制)。
2. 指示灯：各型号都有指示灯，接通时发光二极管亮着。
3. 响应时间：1ms 或以下(D-J51L:2ms 或以下)。
4. 电线：防油乙烯基橡皮绝缘软电线 $\phi 3.4$mm，0.2mm^2，2 芯(红、黑)3 芯(红、黑、白)3m 长。
5. 耐冲击：100G。
6. 绝缘：DC500V 量度时最小 50Ω(电线与壳体之间)。
7. 耐电压：AC1000V1min(电线与壳体之间)。
8. 环境温度：-10～60℃。
9. 保护构造：IEC 规格 IP67，防浸(JISCO920)及防油构造。

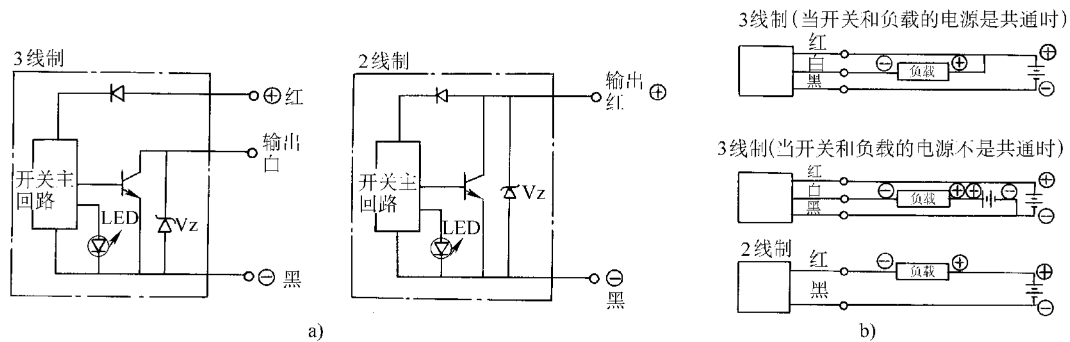


图23.4-46　D系列无触点磁性开关电路图
a）内部电路　b）基本连接

1.8.7　摆动气缸

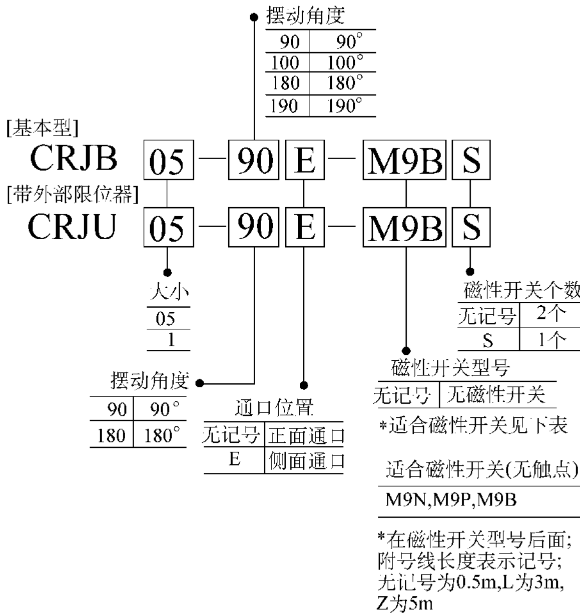
1. CRJ系列齿轮齿条式摆动气缸

（1）技术规格(见表23.4-200)

表23.4-200　CRJ系列齿轮齿条式摆动气缸技术规格

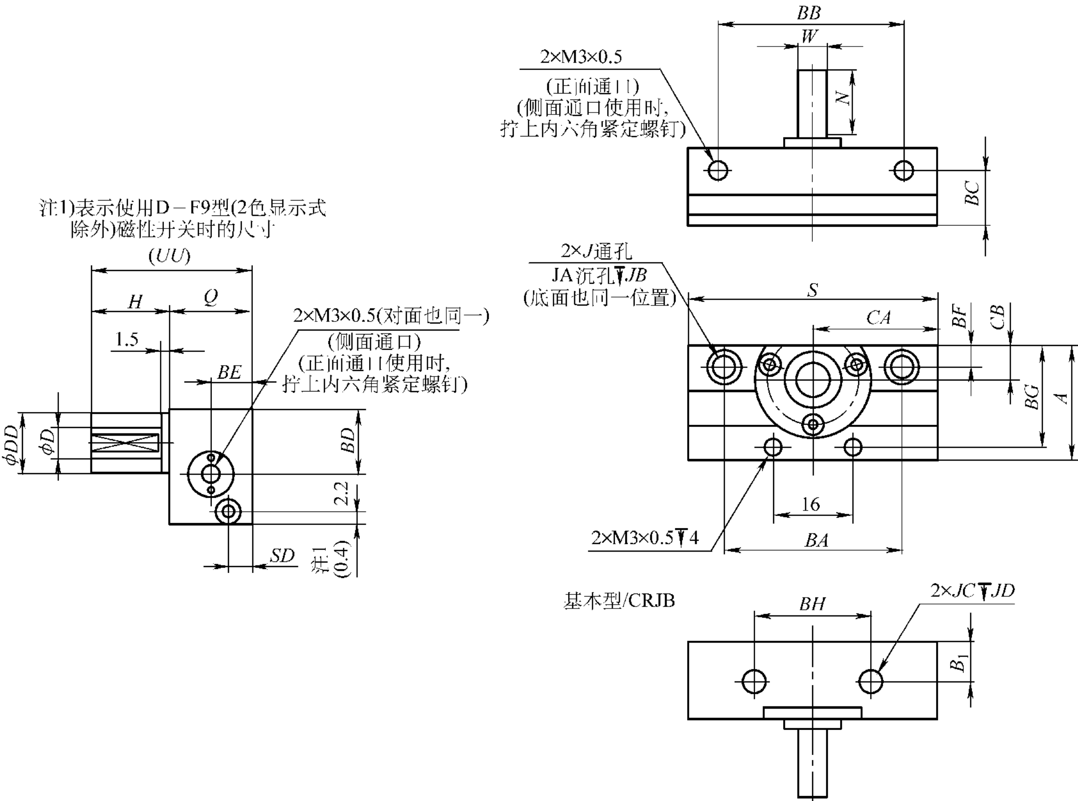
型　　号	05		1	
	基　本　型	外部限制器	基　本　型	外部限制器
使用流体	空气(不给油)			
使用压力范围/MPa	0.15～0.7			
环境及流体温度/℃	0～60(但未冻结)			
摆动角度/(°)	90^{+8}_{0} 100^{+10}_{0} 180^{+8}_{0} 190^{+10}_{0}	90、180	90^{+8}_{0} 100^{+10}_{0} 180^{+8}_{0} 190^{+10}_{0}	90、180
角度可调范围/(°)	—	各摆动端±5	—	各摆动端±5
缸径/mm	6		8	
配管口径	M3×0.5			
允许动能/mJ	0.25	1.0	0.4	2.0
摆速可调范围/(s/90°)	0.1～0.5			

（2）型号说明



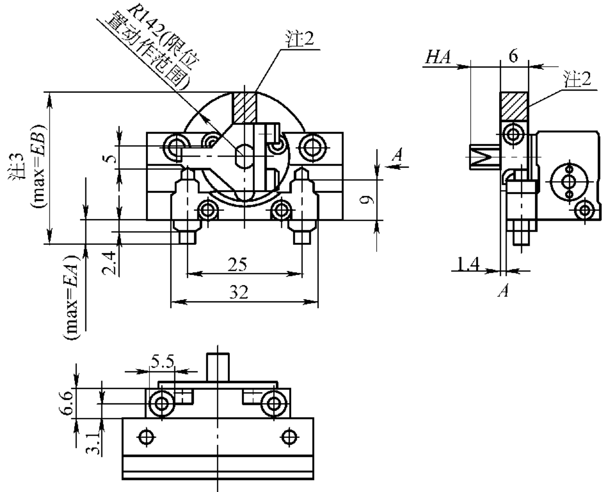
（3）外形尺寸(见表 23. 4-201)

表 23. 4-201　CRJ 系列齿轮齿条式摆动气缸外形尺寸　（mm）



（续）

带外部限位器/CRJU



大小	*EA*	*EB*	*HA*
CRJU05	5.6	33.8	6.5
CRJU 1	5.6	35.8	7.5

注2）180°规格的场合，没有斜线部
注3）Max尺寸表示摆动角度调整至最大（100°、190°）时的尺寸

型号	摆动角度/(°)	*A*	*BA*	*BB*	*BC*	*BD*	*BE*	*BF*	*BG*	*BH*	*BI*	*CA*	*CB*	*D*	*DD*
CRJB 05	90	19.5	30	32.4	9.5	11	6.5	3.5	17.1	20	7	21.5	5.5	5 g6	10 h9
	180			43.4								27			
CRJB 1	90	23.5	35	37.4	12.5	14	9	4.5	21.1	22	8.5	24	7.5	6 g6	14 h9
	180			50.4								30.5			

型号	*J*	*JA*	*JB*	*JC*	*JD*	*H*	*N*	*Q*	*S*	*SD*	*UU*	*W*
CRJB05	M4×0.7	5.8	3.5	M4×0.7	5	14.5	12.5	13.5	43	3.4	28	4.5
									54			
CRJB1	M5×0.8	7.5	4.5	M5×0.8	6	15.5	13.5	16.5	48	5.9	32	5.5
									61			

2. CRA1 系列齿轮齿条式摆动气缸

CRA1 系列齿轮齿条式摆动气缸（见表 23.4-202）

表 23.4-202　CRA1、CDRA1 系列齿轮齿条式摆动气缸*

简　图	缸径/mm	接管螺纹	动作方式	使用压力范围/MPa	环境与介质温度/℃	摆动角度/(°)	允许动能/J			摆动时间范围/s·90°⁻¹	缓冲型式	润滑
内置磁环带开关　基本型　角度调节型	30	M5×0.8	双作用	0.1~1.0	5~60	90，180	无	气缓冲	0.01	0.2~1	无缓冲或气缓冲（任选）	有无润滑均可
							有		—			
	50	Rc⅛					无	气缓冲	0.051	0.2~2		
							有		1.0			
	63						无	气缓冲	0.12	0.2~3		
							有		1.5			
	80	Rc¼					无	气缓冲	0.16	0.2~4		
							有		2.0			
	100						无	气缓冲	0.55	0.2~5		
							有		3.0			

＊ CDR1 系列为内置磁环型摆动气缸，可带磁性开关。

3. CRQ 系列齿轮齿条式摆动气缸

（1）技术规格(见表 23. 4-203)

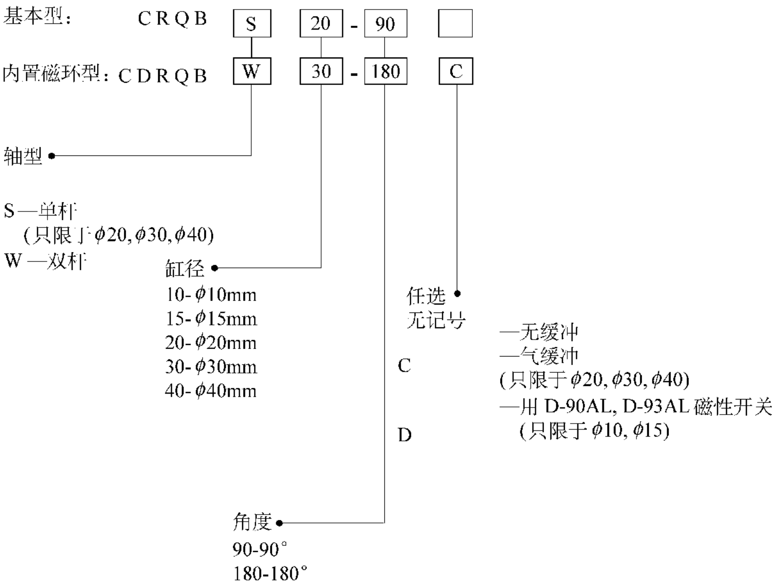
表 23. 4-203　CRQ 系列齿轮齿条式摆动气缸技术规格

缸径/mm	10	15	20	30	40
流体	空气				
动作型式	双动				
最高使用压力/MPa	0.7		0.99		
最低使用压力/MPa	0.15		0.1		
环境和流体温度/℃	0 ~ 60				
缓冲型式	橡胶缓冲		无/气缓冲(任选)		

摆动角度/(°)	90, 180				
缸径/mm	10	15	20	30	40
可调角度范围/(°)	±5				
转矩[①]/N . m	0.3	0.75	1.8	3	5.3
转动时间范围/(s/90°)	0.2 ~ 0.7		0.2 ~ 1		
接管口径 Rc(PT)	M5 × 0.8		1/8		

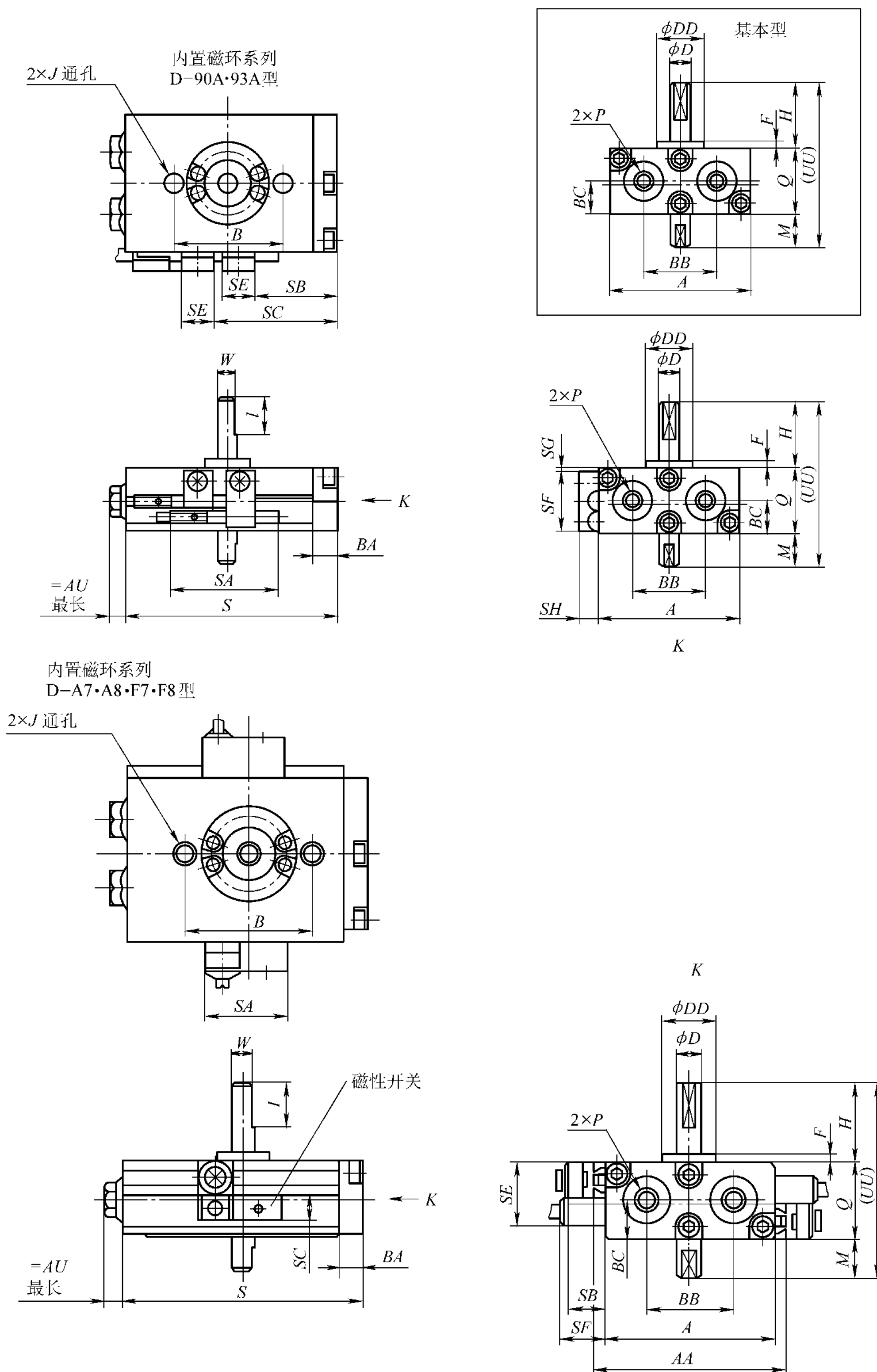
① 在 0.5MPa 压力时。

注：型号意义：



（2）外形尺寸(见表 23. 4-204)

表 23.4-204　CRQ 系列齿轮齿条式摆动气缸外形尺寸　（mm）



（续）

1）基本型

型号	A	B	BB	ϕD ($g6$)	ϕ DD	F	H	J	Ⅰ	Ⅱ	M	P	Q	S	(UU)	W	≒AU	BA	BC
CRQBW10-90	37	29	19	5	12	2	18	M5×0.8	10	6	9	M5×0.8	17	56	44	4.5	5	6	8.5
CRQBW10-180	37	29	19	5	12	2	18	M5×0.8	10	6	9	M5×0.8	17	69	44	4.5	5	6	8.5
CRQBW15-90	48	31	27	6	14	2	20	M5×0.8	10	7	10	M5×0.8	20	65	50	5.5	5	7	10
CRQBW15-180	48	31	27	6	14	2	20	M5×0.8	10	7	10	M5×0.8	20	82	50	5.5	5	7	10

2）内置磁环连开关（D-90A·93A型）

型号	SA	SB	SC	SE	SF	SG	SH
CDRQBW10-90	29	21	32	8	16	0.5	5
CDRQBW10-180	29	24	42	8	16	0.5	5
CDRQBW15-90	29	24	37	8	16	0.5	4
CDRQBW15-180	29	28	50	8	16	0.5	4

3）内置磁环连开关（D-A7·A8·F7·F8型）

型号	AA	SB	SC	SE	D-A7·A8型		D-F7·J7型	
					SA	SF	SA	SF
CDRQBW10-90	42	8	7	15	22	10	24	9
CDRQBW10-180	42	8	7	15	22	10	24	9
CDRQBW15-90	53	7	7	15	22	9	24	8
CDRQBW15-180	53	7	7	15	22	9	24	8

2 气马达

2.1 气马达的分类、工作原理及特点

气马达是一种气动执行元件，它的作用是将压缩空气的压力能转换成回转形式或摆动形式的机械能。

2.1.1 气马达的分类

气马达按工作原理可分为透平式和容积式两大类。气压传动系统中最常用的气马达多为容积式。容积式气马达按其结构型式可分为叶片式、活塞式、齿轮式及摆动式等，其中以叶片式和活塞式两种最常用。

容积式气马达的分类及性能见表23.4-205。

2.1.2 气马达的工作原理

（1）叶片式气马达

叶片式气马达的原理见图23.4-47。叶片式气马达主要由定子1、转子2、叶片3及4等零件构成。定子上有进、排气用的配气槽或孔，转子上铣有长槽，槽内有叶片。定子两端有密封盖，密封盖上有弧形槽与进、排气孔A、B及叶片底部相通。转子与定子偏心安装，偏心距为e。这样由转子的外表面、叶片（两叶片之间）、定子的内表面及两密封端盖就形成了若干个密封工作容积。

表23.4-205 容积式气马达的分类及性能

<table>
<tr><td rowspan="3">类　别</td><td colspan="3">叶片式气马达</td><td colspan="4">活塞式气马达</td><td colspan="2">齿轮式气马达</td><td colspan="3">摆动式气马达</td></tr>
<tr><td rowspan="2">单作用单向回转的叶片马达</td><td rowspan="2">单作用双向回转的叶片马达</td><td rowspan="2">双作用双向回转的叶片马达</td><td colspan="3">径向活塞式气马达</td><td rowspan="2">轴向活塞式气马达</td><td rowspan="2">双齿轮式马达</td><td rowspan="2">多齿轮式马达</td><td rowspan="2">单叶片摆动气马达</td><td rowspan="2">双叶片摆动气马达</td><td rowspan="2">活塞式摆动气马达</td></tr>
<tr><td>有连杆式</td><td>无连杆式</td><td>滑杆式</td></tr>
<tr><td>转速范围 /r·min^{-1}</td><td colspan="3">500～50000</td><td colspan="3">100～1300（最大6000）</td><td><3000</td><td colspan="2">1000～10000</td><td>摆角280°</td><td>摆角100°</td><td>摆角可大于360°</td></tr>
</table>

（续）

类　　别	叶片式气马达			活塞式气马达				齿轮式气马达		摆动式气马达		
	单作用单向回转的叶片马达	单作用双向回转的叶片马达	双作用双向回转的叶片马达	径向活塞式气马达			轴向活塞式气马达	双齿轮式马达	多齿轮式马达	单叶片摆动气马达	双叶片摆动气马达	活塞式摆动气马达
				有连杆式	无连杆式	滑杆式						
转矩	小			大			大	较小		较小		
功率范围/kW	0.147～18.375			0.735～18.375			<3.675	0.735～36.75				
耗气量 $/m^3 \cdot min^{-1}$	大型低转速马达为1.0 小型高速马达为1.3～1.7			大型低速马达约为0.7～1 小型高速马达约为1.4～1.7			0.8左右	>1.2				
效率	较低			较高			高	低		较低		
单位功率机重	轻			重			较重	较轻		较轻		
结构特点	结构简单，维修容易			结构复杂			结构紧凑但复杂	结构简单、噪声大、振动大，人字齿轮式马达换向困难		结构简单，应注意保证密封		

压缩空气由A孔输入时，分为两路：一路经定子两端密封盖的弧形槽进入叶片底部，将叶片推出。

叶片就是靠此气压推力及转子转动时的离心力的综合作用而保证运转过程中较紧密地抵在定子内壁上。压缩空气另一路经A孔进入相应的密封工作容积。如图23.4-47所示，压缩空气作用在叶片3和4上，各产生相反方向的转矩，但由于叶片3伸出长（与叶片4伸出相比），作用面积大，产生的转矩大于叶片4产生的转矩，因此转子在相应叶片上产生的转矩差作用下按逆时针方向旋转，作功后的气体由定子孔C排出，剩余残气经孔B排出。

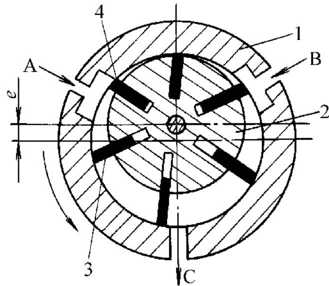


图23.4-47　叶片式气马达原理

1—定子　2—转子　3、4—叶片

改变压缩空气的输入方向（如由B孔输入），则可改变转子的转向。

叶片式气马达多数可双向回转，有正反转性能不同和正反转性能相同两类。图23.4-48所示为正反转性能相同的叶片式马达特性曲线。这一特性曲线是在一定的工作压力（例如0.5MPa）下作出的，在工作压力不变时，它的转速、转矩及功率均依外加载荷的变化而变化。

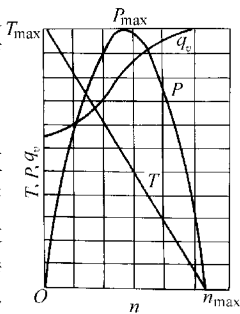


图23.4-48　叶片式气马达特性曲线

当外加载荷转矩为零时，即为空转，此时转速达最大值n_{max}，马达输出功率为零。当外加载荷转矩等于气马达最大转矩T_{max}时，气马达停转，转速为零，此时输出功率也为零。当外加载荷转矩等于气马达最大转矩的一半（$0.5T_{max}$）时，其转速为最大转速的一半（$0.5n_{max}$），此时马达输出功率达最大值P_{max}。一般说来，这就是气马达的额定功率。

在工作压力变化时，特性曲线的各值将随之有较大的变化。说明叶片式气马达具有较软的特性。

（2）活塞式气马达

常用活塞式气马达大多是径向连杆式的，图23.4-49所示为径向连杆活塞气马达工作原理图。压缩空气由进气口（图中未画出）进入配气阀套1及配气阀2，经配气阀及配气阀套上的孔进入气缸3（图示进入气缸Ⅰ和Ⅱ），推动活塞4及连杆组件5运动。通过活塞连杆带动曲轴6旋转。曲轴旋转的同时，带动与曲轴固定在一起的配气阀2同步转动，使压缩空气随着配气阀角位置的改变进入不同的缸内（图示顺序为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ），依次推动各个活塞运动，各活塞及连杆带动曲轴连续运转。与此同时，与进气缸

相对应的气缸分别处于排气状态。

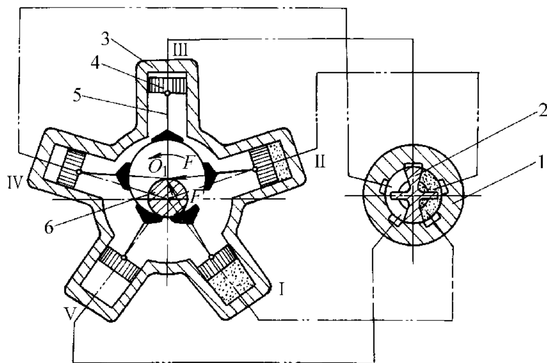


图23.4-49　径向活塞式气马达工作原理
1—配气阀套　2—配气阀　3—气缸体　4—活塞
5—连杆组件　6—曲轴

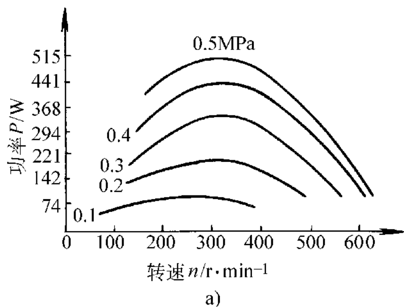
图23.4-50所示为一小型活塞式气马达的特性曲线。可见活塞式气马达也具有软特性的特点。特性曲线各值随马达工作压力的变化有较大的变化，工作压力增高，马达的输出功率、转矩和转速均大幅度增加；当工作压力不变时，其转速、转矩及功率均随外加载荷的变化而变化。其基本情况与叶片式气马达大致相同。

（3）摆动式气马达

摆动式气马达虽称为马达，其输出却不是连续回转运动，而是在一定角度范围内的往复回转运动，即某一角度内的摆动。当然这一角度可根据需要设计，可以在360°以内，也可大于360°。

摆动式气马达可分为叶片式和活塞式两类。

1）叶片式摆动气马达。图23.4-51所示为叶片式摆动气马达原理图。有单叶片(见图23.4-51a)和双叶片(见图23.4-51b)两种。由马达体、叶片、转子



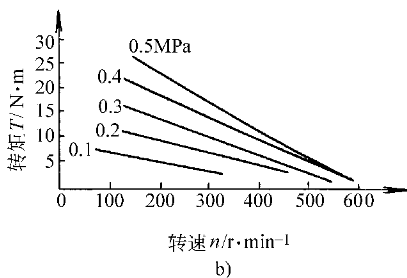


图23.4-50　小型活塞式气马达的特性曲线
a）功率曲线　b）转矩曲线

(输出轴)、定子及两侧端盖组成。叶片与转子(输出轴)固定在一起，压缩空气作用在叶片上，在马达体内绕中心摆动，带动输出轴摆动，输出一定角度内的回转运动。

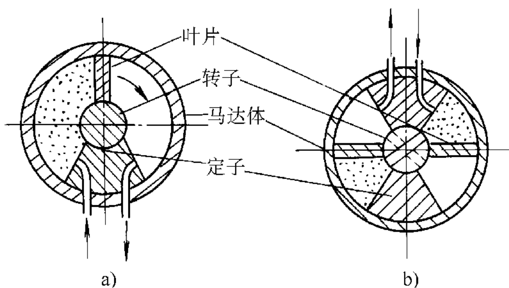


图23.4-51　叶片式摆动气马达原理
a）单叶片式　b）双叶片式

单叶片式摆动角度小于360°，一般在240°～280°左右；双叶片式摆动角度小于180°，一般在150°左右。尺寸相同时，双叶片式的输出转矩应是单叶片式摆动马达输出转矩的2倍。这种气马达由于叶片与缸体内壁接触线较长，需要较长的密封，密封件的阻力损失较大。

2）活塞式摆动气马达。活塞式摆动气马达有齿轮齿条式、螺杆式、曲柄式等多种。其基本原理是利用某些机构(如齿轮齿条、螺杆、曲柄等)将活塞的直线往复运动转变成一定角度内的往复回转运动输出。

图23.4-52所示为活塞式摆动气马达原理图，其中图23.4-52a所示为齿轮齿条式摆动气马达，活塞带动齿条从而推动与齿条啮合的齿轮转动，齿轮轴输出一定角度内的回转运动；图23.4-52b所示为螺杆式摆动气马达，活塞内孔与一螺杆啮合，当活塞往复运动时，螺杆就输出回转运动(一定角度内的摆动)。以上两种活塞式摆动马达的摆动角度可以在360°以内，也可以大于360°，可据需要设计。齿轮齿条式摆动马达密封性较好，机械损失也较小，螺杆式密封性可做到较好，但加工难度稍大，机械损失也较大。

2.1.3　气马达的特点

各类型式的气马达尽管结构不同，工作原理有区

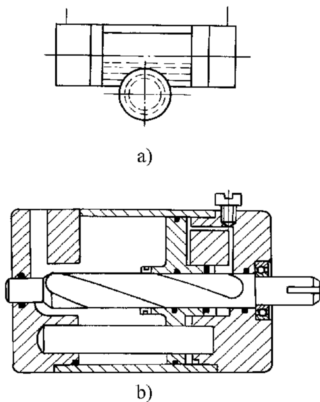


图 23. 4-52　活塞式摆动气马达原理
a）齿轮齿条式　b）螺杆式

别，但是大多数气马达具有以下特点：

1）可以无级调速。只要控制进气阀或排气阀的开度，即控制压缩空气的流量，就能调节马达的输出功率和转速。

2）能够正转也能反转。大多数气马达只要简单地用操纵阀来改变马达进、排气方向，即能实现气马达输出轴的正转和反转，并且可以瞬时换向。在正反向转换时，冲击很小。气马达换向的一个主要优点是它具有几乎在瞬时可升至全速；活塞式气马达可以在不到一秒的时间内升至全速。

3）工作安全。适用于恶劣的工作环境，在易燃、易爆、高温、振动、潮湿、粉尘等不利条件下均能正常工作。

4）有过载保护作用，不会因过载而发生故障。过载时，马达只是转速降低或停转，当过载解除，立即可以重新正常运转，并不产生机件损坏等故障。

5）具有较高的走动力矩，可以直接带载荷起动，起动、停止均迅速。

6）功率范围及转速范围较宽。功率小至几百瓦，大至几万瓦；转速可以从零一直到每分钟五万转。

7）可以长时间满载连续运转，温升较小。

8）操纵方便，维护检修较容易。

2.2　气马达的选择、应用与润滑

2.2.1　气马达的选择

选择气马达主要从载荷状态出发。在变载荷的场合使用时，应注意考虑的因素是速度范围及力矩，均应满足工作需要。在均衡载荷下使用时，其工作速度则是最重要的因素。叶片式气马达比活塞式气马达转速高，当工作转速低于空载时最大转速的 25% 时，最好选用活塞式气马达，选择时可参考表 23. 4-206。

表 23. 4-206　叶片式与活塞式气马达性能比较

性能	叶片式气马达	活塞式气马达
转速	转速高，可达 3000～50000r/min	转速比叶片式低
性能	叶片式气马达	活塞式气马达
单位质量功率	单位质量所产生的功率比活塞式要大得多，故相同功率条件下，叶片式比活塞式质量小	单位质量的输出功率小，质量较大
起动性能	起动力矩比活塞式小	起动、低速工作性能好，能在低速及其他任何速度下拖动重负载，尤其适合要求低速与大起动转矩的场合
耗气量	在低速工作时，耗气量比活塞式大	在低速时能较好地控制速度，耗气量较少
结构尺寸	无配气机构和睦轴连杆机构，结构较简单，外形尺寸小	有配气机构及曲轴连杆机构，结构较复杂，制造工艺较困难，外形尺寸大
运转稳定性	由于无曲轴连杆机构，旋转部分能够均衡运转，因而工作比较稳定	旋转部分均衡运转比叶片式差，但工作稳定性能满足使用要求并能安全生产
维修	维护检修容易	较叶片式有一定难度

2.2.2　气马达的应用与润滑

气马达适用于要求安全、无级调速，经常改变旋转方向，起动频繁以及防爆、负载起动，有过载可能性的场合。适用于恶劣工作条件，如高温、潮湿以及不便于人工直接操作的地方。当要求多种速

度运转，瞬时起动和制动，或可能经常发生失速和过负载的情况时，采用气马达要比别的类似设备价格便宜，维修简单。目前，气马达在矿山机械中应用较多；在专业性成批生产的机械制造业、油田、化工、造纸、冶金、电站等行业均有较多使用；工程建筑、筑路、建桥、隧道开凿等均有应用；许多风动工具如风钻、风扳手、风砂轮及风动铲刮机等均装有气马达。

润滑是气马达所不可缺少的。气马达必须得到良好的润滑后才可正常运转，良好润滑可保证马达在检修期内长时间运转无误。一般在整个气动系统回路中，在气马达操纵阀前面均设置油雾器，使油雾与压缩空气混合再进入气马达，从而达到充分润滑。注意保证油雾器内正常油位，及时添加新油。

2.3 气马达的典型产品(见表23.4-207)

2.3.1 叶片式气马达

1. 662W(0.9马力)叶片式气马达(见表23.4-208)

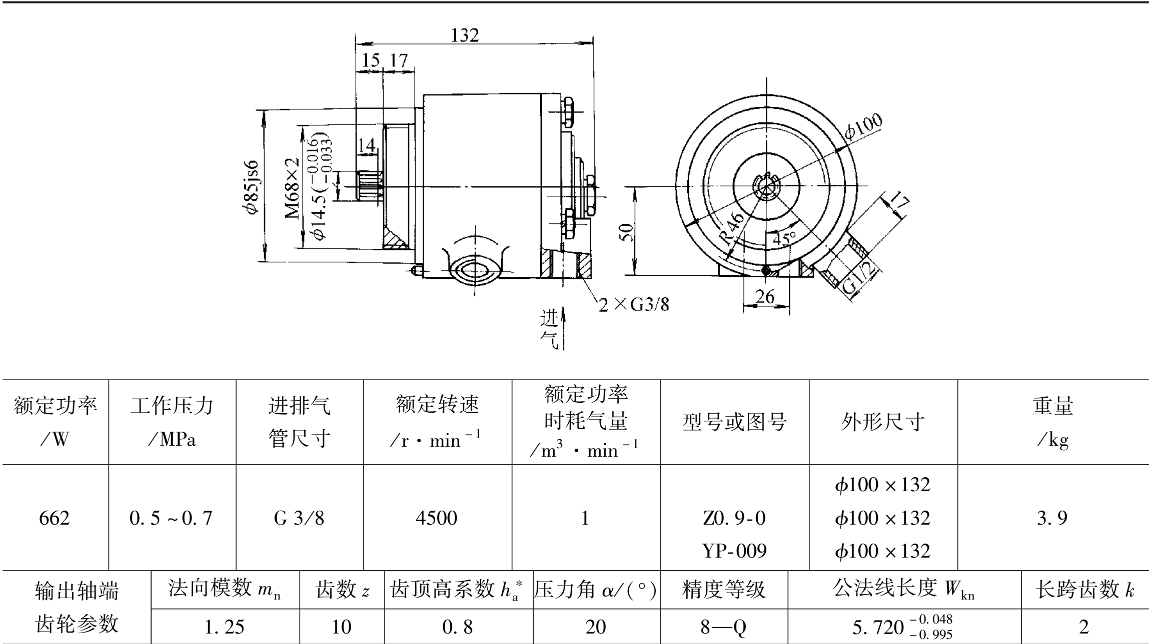
表23.4-207 气马达产品概览

类别	型号	功率/kW	转速/r·min⁻¹	生产单位
叶片式	TJ*	0.662~14.71	2500~4500	湖北黄石风动机械厂
	YQ*	8.84~14.71	2400~3200	南昌通用机械厂
	YP-*	0.662~14.71	625~7000	太原矿山机器厂
活塞式	TM*	0.735~18.4	280~1100	宣化通用机械制造厂
	TJH*	206~7.35	700~2800	黄石风动机械厂
	HS-*	3.677~18.4	500~1500	太原矿山机器厂
摆动式	型号	转矩/N·m	摆动角度/(°)	生产单位
	QGB1	11~214	280±3	天津机械厂
	QGB2	22~422	100±3	天津机械厂

注：1. 表中转矩为1MPa时的输出转矩值。

2. 型号中的*表示气马达的功率，如TJ2表示功率为2×0.735kW(2马力)的叶片式气马达。

表23.4-208 662W(0.9马力)叶片式气马达 (mm)



额定功率/W	工作压力/MPa	进排气管尺寸	额定转速/r·min⁻¹	额定功率时耗气量/m³·min⁻¹	型号或图号	外形尺寸	重量/kg
662	0.5~0.7	G 3/8	4500	1	Z0.9-0 YP-009	φ100×132 φ100×132 φ100×132	3.9

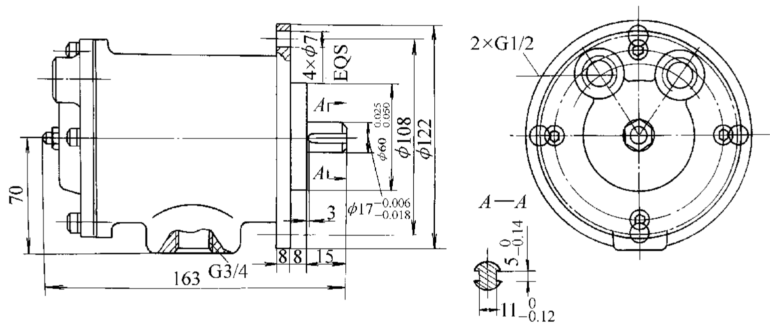
输出轴端齿轮参数	法向模数 m_n	齿数 z	齿顶高系数 h_a^*	压力角 α/(°)	精度等级	公法线长度 W_{kn}	长跨齿数 k
	1.25	10	0.8	20	8—Q	$5.720^{-0.048}_{-0.995}$	2

注：1. 662W(0.9马力)气马达的转向可逆。

2. 生产厂：黄石风动机械厂、太原矿山机器厂。

2. 1.471kW（2 马力）叶片式气马达（见表 24.3-209）

表 23.4-209　1.471kW（2 马力）叶片式气马达　（mm）

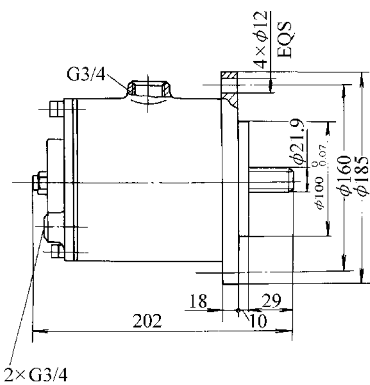


额定功率 /kW	工作压力 /MPa	进排气管尺寸	额定转速 /r·min⁻¹	额定功率时耗气量 /m³·min⁻¹	型号或图号	外形尺寸	重量 /kg
1.471	0.5～0.7	G 1/2	4000	2	TJ2	163×133×122	6

注：1. 此马达转向可逆。
　　2. 生产厂：黄石风动机械厂。

3. 2.942kW（4 马力）叶片式气马达（见表 23.4-210）

表 23.4-210　2.942kW（4 马力）叶片式气马达　（mm）



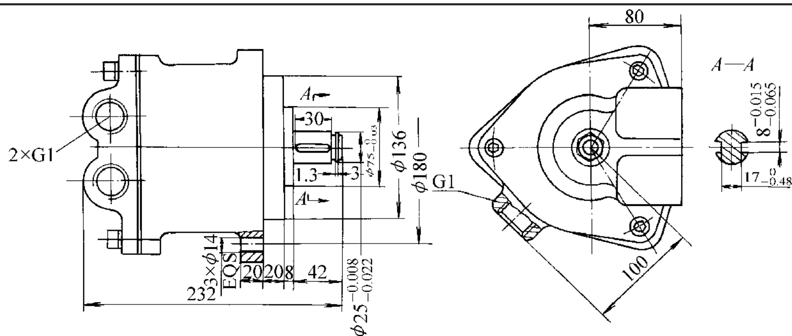
额定功率 /kW	工作压力 /MPa	进排气口尺寸 /in	额定转速 /r·min⁻¹	额定功率时耗气量 /m³·min⁻¹	型号	外形尺寸	重量 /kg
2.942	0.5～0.7	G 3/4	3200	3.8	TJ4	202×φ185	12

输出轴端齿轮参数	法向模数 m_n	齿数 z	变位系数 x	压力角 α/(°)	齿顶高系数 h_a^*	精度等级	公法线长度 W_{kn}	长跨齿数 k
	1.5	12	0.14	20	1	8—Q	$7.315^{+0.085}_{+0.123}$	2

注：1. 此马达转速可逆。
　　2. 生产厂：黄石风动机械厂。

4. 4.415kW（6 马力）叶片式气马达（见表 23.4-211）

表 23.4-211　4.415kW（6马力）叶片式气马达　（mm）

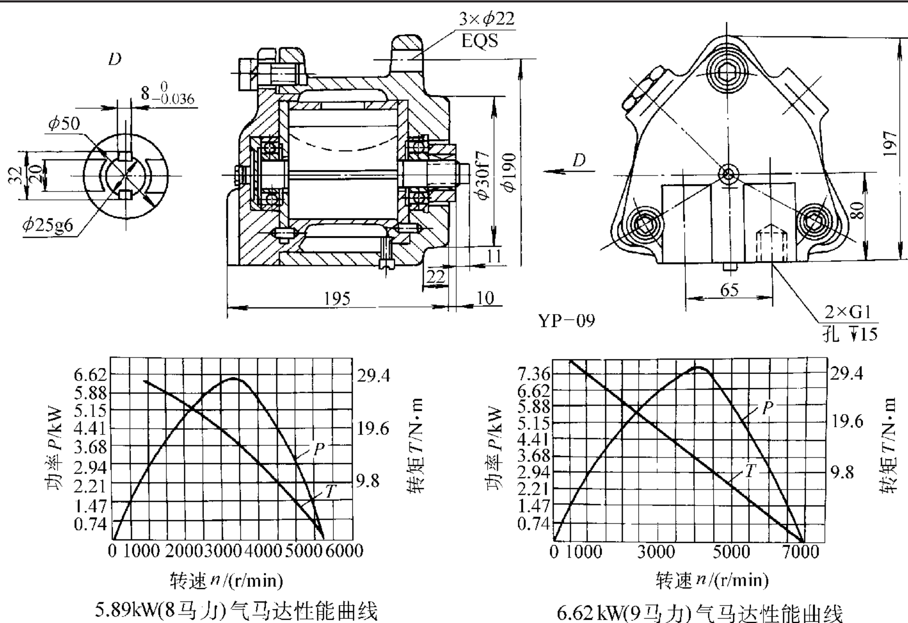


额定功率 /kW	工作压力 /MPa	进排气口尺寸/in	额定转速 /r·min⁻¹	额定功率时耗气量 /m³·min⁻¹	型号	外形尺寸	重量 /kg
4.415	0.5~0.7	G1	3400	5.5	TJ-6	232×φ220	18

注：1. 此马达转向可逆。
　　2. 生产厂：黄石风动机械厂。

5. 5.89kW（8马力）和6.62kW（9马力）叶片式气马达（见表23.4-212）

表 23.4-212　5.89kW（8马力）和6.62kW（9马力）叶片式气马达　（mm）



5.89kW(8马力)气马达性能曲线

6.62kW(9马力)气马达性能曲线

额定功率 /kW	工作压力 /MPa	进排气口尺寸	额定功率时耗气量 /m³·min⁻¹	型号或图号	额定转速 /r·min⁻¹	外形尺寸	重量 /kg
5.89	0.5~0.7	G1	7.5	TJ8 YP-08	2800	215×φ230 207×φ230 216×197×197	19.5
6.62	0.5~0.7	G1	8.2	TJ9 YP-09	2800	215×φ230 207×φ230 216×197×197	19.5

注：1. 5.89kW（8马力）、6.62kW（9马力）气马达可正反转；表图为YP-09型气马达图。
　　2. 生产厂：黄石风动机械厂、太原矿山机器厂。

6. 8.84kW(12马力)叶片式气马达(见表23.4-213)

表23.4-213　8.84kW(12马力)叶片式气马达　(mm)

额定功率 /kW	工作压力 /MPa	进排气口尺寸	额定转速 /r·min⁻¹	额定功率时耗气量 /m³·min⁻¹	型　号	外形尺寸	重量 /kg
8.84	0.5~0.7	G1	3500	10.6	TJ12	290×157×157	20
			2400		YQ12	300×230×230	54

输出轴端齿轮参数	模数 m	齿数 z	变位系数 x	压力角 $\alpha/(°)$	精度等级	公法线长度 W_{kn}	公法线长度变动公差 F_w
	2	9	+0.295	20	9—8—8GJ	$9.511^{-0.095}_{-0.143}$	0.026

注：1. 南昌通用机械厂产YQ12型气马达轴伸为平键2—8×28，轴径为ϕ30(d3)。

2. 生产厂：黄石风动机械厂、南昌通用机械厂。

7. 10.31kW(14马力)和14.71kW(20马力)叶片式气马达(见表23.4-214)

表23.4-214　10.31kW(14马力)和14.71kW(20马力)叶片式气马达　(mm)

10.31kW(14马力)气马达特性曲线

14.71kW(20马力)气马达特性曲线

（续）

额定功率/kW	工作压力/MPa	进排气口尺寸	额定转速/r·min^{-1}	额定功率时耗气量/m^3·min^{-1}	型号或图号	外形尺寸 $L_1 \times L_2 \times H$	重量/kg
10.31	0.5~0.7	G1 $\frac{1}{4}$	2500	12.6	TJ14	296×230×230	55
14.71	0.5~0.7	G1 $\frac{1}{4}$	2500 3200	18 19	TJ20 YQ20	296×230×230 300×230×230	55
14.71	0.5~0.7	G1 $\frac{1}{4}$	2500	18	TJ20A YP-20	296×205×205 315×249×228	46

注：1. 所列马达均可正反转。

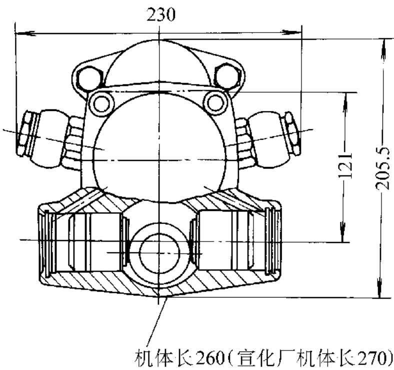
2. 太原矿山机器厂还生产10.31kW(14马力)的叶片气马达、型号YP-14，外形尺寸为315×249×228，进气口尺寸为G1 $\frac{1}{4}$。

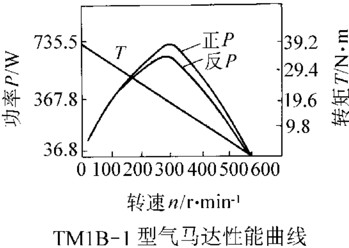
3. 生产厂：黄石风动机械厂、太原矿山机器厂。

2.3.2 活塞式气马达

1. 735.5W(1马力)活塞式气马达(见表23.4-215)

表23.4-215 735.5W(1马力)活塞式气马达 (mm)





TM1B-1型气马达性能曲线

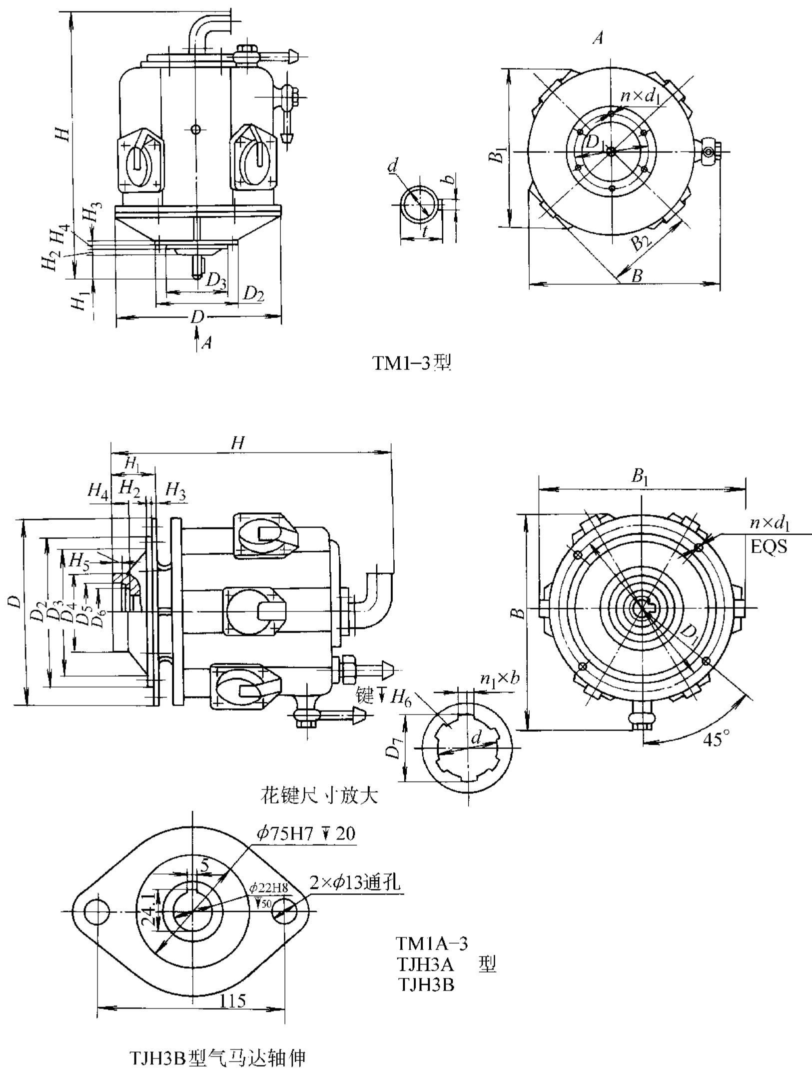
额定功率/W	工作压力/MPa	进气口尺寸	额定转速/r·min^{-1}	额定功率时耗气量/m^3·min^{-1}	型号	外形尺寸	重量/kg
735.5	0.5~0.7	7/8	280~320	1.4	TM1-1	270×ϕ230	22

注：1. 此种气马达为四缸活塞式，与其他活塞式气马达相比其特点是四个缸成两列对称地配置在壳体内，活塞直接推动曲轴旋转，没有连杆，结构紧凑。

2. 生产厂：宣化通用机械制造厂。

2. 2.06kW(2.8马力)活塞式气马达(见表23.4-216)

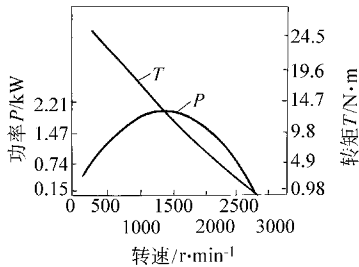
表 23.4-216　2.06kW(2.8马力)活塞式气马达　(mm)



TM1-3型

花键尺寸放大

TJH3B型气马达轴伸



TM1-3 气马达性能曲线

（续）

额定功率/kW	工作压力/MPa	进气口径	空载转速/r·min^{-1}	额定转速/r·min^{-1}	额定转矩/N·m	额定功率时耗气量/m^3·min^{-1}	型号	外形尺寸	重量/kg
2.06	0.5～0.6	7/8	2800	1320	1520	3.2	TM1-3 TM1A-3	400×280×240 370×280×274	30 34
	0.5～0.7			1300		2.5	TJH3A TJH3B		31 28

型号	H	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	D	D_1	D_2	D_3	D_4
TM1-3	400	60	11	10	4			ϕ225	ϕ182	ϕ160	ϕ130h6	
TM1A-3 TJH3A TJH3B	370	70	4	10	29	12	25	ϕ225	ϕ200	ϕ180h6	ϕ166	ϕ100

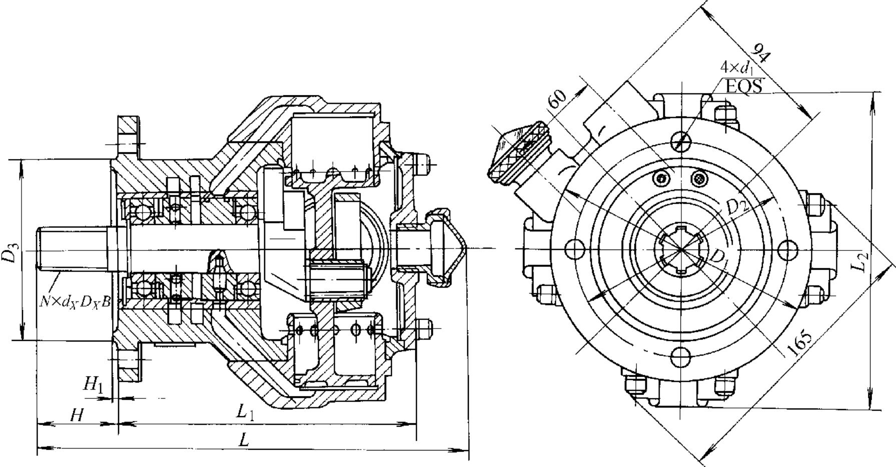
型号	D_5	D_6	D_7	B	B_1	B_2	n	n_1	t	d	d_1	b
TM1-3				280	240	138	6		30.6	ϕ28h6	ϕ8.5	8f9
TM1A-3 TJ3A TJ3B	ϕ82	ϕ72K7	ϕ20	280	274		4	6		ϕ16H8	ϕ8.5	4H9

注：1. 此类马达可正反转。

2. 生产厂：宣化通用机械厂、黄石风动机械厂。

3. 2.979kW（4.5马力）和4.415kW（6马力）活塞式气马达（见表23.4-217）

表23.4-217 2.979kW（4.5马力）和4.415kW（6马力）活塞式气马达 （mm）



额定功率/kW	工作压力/MPa	进气口径/in	空载转速/r·min^{-1}	额定转速/r·min^{-1}	额定功率时耗气量/m^3·min^{-1}	型号	外形尺寸	重量/kg
2.979	0.5～0.7			2800	4	TJH4.5	265×190×190	16
4.415	0.5～0.7			2000	5.4	TJH6	296×232×232	25

型号	N	D	d	B	H	H_1	D_1	D_2	D_3	d_1	L	L_1	L_2
TM1-4	6	28	24	6	50.5	4	160	130	110	11	250	183	190

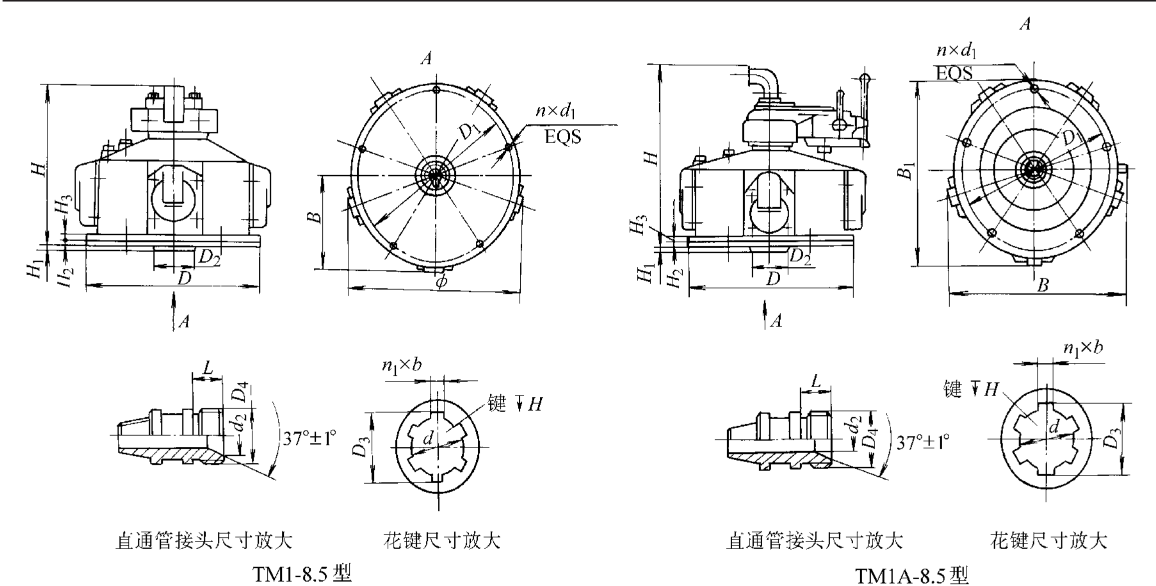
（续）

型号	N	D	d	B	H	H_1	D_1	D_2	D_3	d_1	L	L_1	L_2
TJH4. 5	6	28	23. 4	6	50. 5	4	160	130	110	11	265	183	190
TJH6	6	28	23	6	52	4	115	135	110	13. 5	296	244	232

注：生产厂：黄石风动机械厂。

4. 6. 258kW（8. 5 马力）活塞式气马达（见表 23. 4-218）

表 23. 4-218　6. 258kW（8. 5 马力）**活塞式气马达**　（mm）



额定功率/kW	工作压力/MPa	进气口径	空载转速/r·min^{-1}	额定转速/r·min^{-1}	额定功率时耗气量/m^3·min^{-1}	型　号	外形尺寸	重量/kg
6. 258	0. 5 ~ 0. 6	ZG1	1300 ~ 1500	800 ~ 1100	4. 8 ~ 9. 5	TM1-8. 5	360 × ϕ390	73
	0. 5 ~ 0. 6	ZG1	1300 ~ 1500	800 ~ 1100	4. 8 ~ 9. 5	TM1A-8. 5	420 × 400 × 379	77

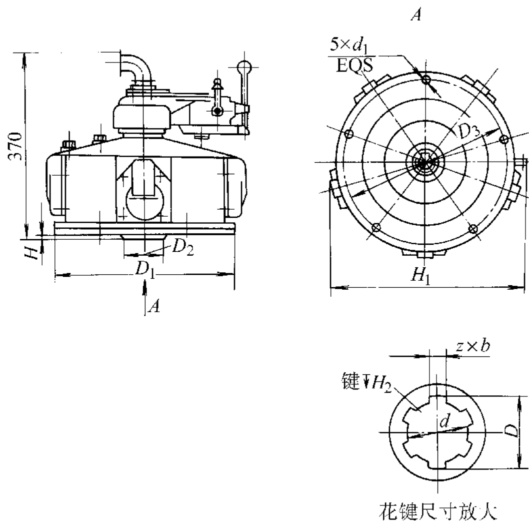
型号	H	H_1	H_2	H_3	H_4	D	D_1	D_2	D_3	D_4
TM1-8. 5	360	5. 5	12	11	66. 5	362 f9	336	90	32	M36 × 2
TM1A-8. 5	420	5. 5	12	11	66. 5	362f9	336	90	32	M36 × 2

型号	B	B_1	d	d_1	d_2	n	n_1	b	L	ϕ
TM1-8. 5	198		25H9	13	28	5	6	8H9	20	390
TM1A-8. 5	400	379	25H9	13	28	5	6	8H9	21	

注：生产厂：宣化通用机械厂。

5. 5. 89kW（8 马力）和 7. 355kW（10 马力）活塞式气马达（见表 23. 4-219）

表 23.4-219　5.89kW(8 马力)和 7.355kW(10 马力)活塞式气马达　(mm)



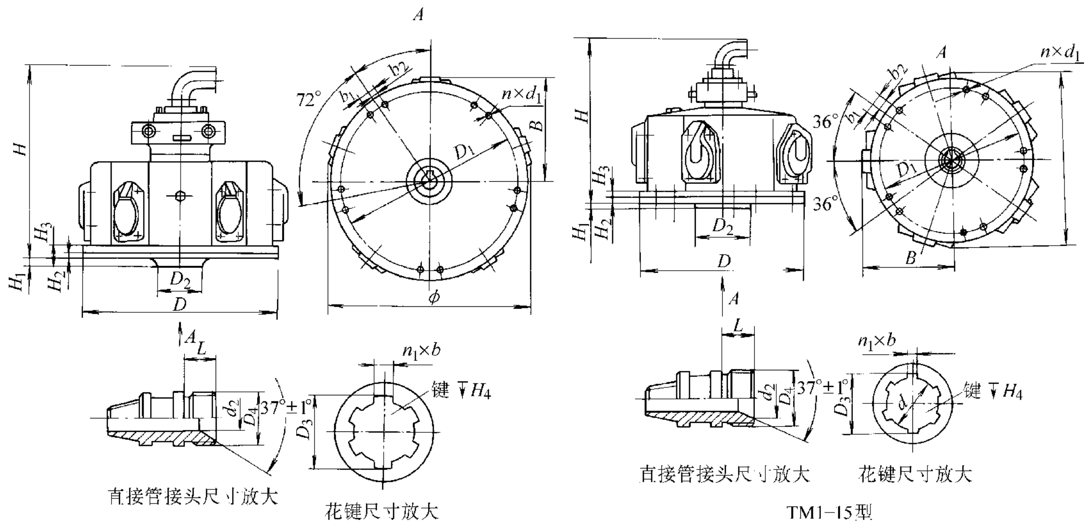
额定功率 /kW	工作压力 /MPa	额定转速 /r·min⁻¹	额定功率时耗气量 /m³·min⁻¹	型　号	外形尺寸	重量 /kg
5.89	0.5~0.7	800~1100	7.2	TJH8	370×442×442	85
7.355		700~800	9	TJH10	370×498×498	90

型号	z	D	d_1	H_1	H_2	D_1	D_2	D_3	d	b
TJH8	6	32H9	$25^{+0.15}_{+0.28}$	442	66	362	90	336	13	8
TJH10	6	32H9	$25^{+0.15}_{+0.28}$	498	66	418	90	395	10	8

注：生产厂：黄石风动机械厂。

6. 7.723kW(10.5 马力)和 11.3kW(15 马力)活塞式气马达(见表 23.4-220)

表 23.4-220　7.723kW(10.5 马力)和 11.3kW(15 马力)活塞式气马达　(mm)



（续）

额定功率/kW	工作压力/MPa	进气口径	空载转速/r·min^{-1}	额定转速/r·min^{-1}	额定功率时耗气量/m^3·min^{-1}	型　号	外形尺寸	重量/kg
7.723	0.5～0.6	ZG1 $\frac{1}{2}$	1000	650	7.5～9	TM1-10.5	ϕ430×449	100
11.3	0.5～0.6	ZG1 $\frac{1}{2}$	1300～1500	600～750	10.4～12.95	TM1-15	ϕ500×420	136

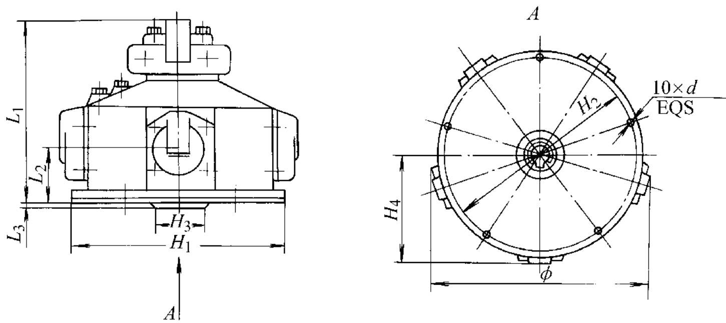
型号	H	H_1	H_2	H_3	H_4	D	D_1	D_2	D_3	D_4
TM1-10.5	449	14	16	52.5	76	410f9	382	70	32	M52×2
TM1-15	420	7	18	15	75	450f9	420	120	32	M52×2

型号	ϕ	B	b	b_1	b_2	d	d_1	d_2	n	n_1	L
TM1-10.5	430	210	8H9	71	36	25H9	13	43	10	6	24
TM1-15	500	246	8f9	50	25	25H9	13	43	10	6	20

注：生产厂：宣化通用机械厂。

7. 18.4kW(25马力)活塞式气马达(见表23.4-221)

表23.4-221　18.4kW(25马力)活塞式气马达　(mm)



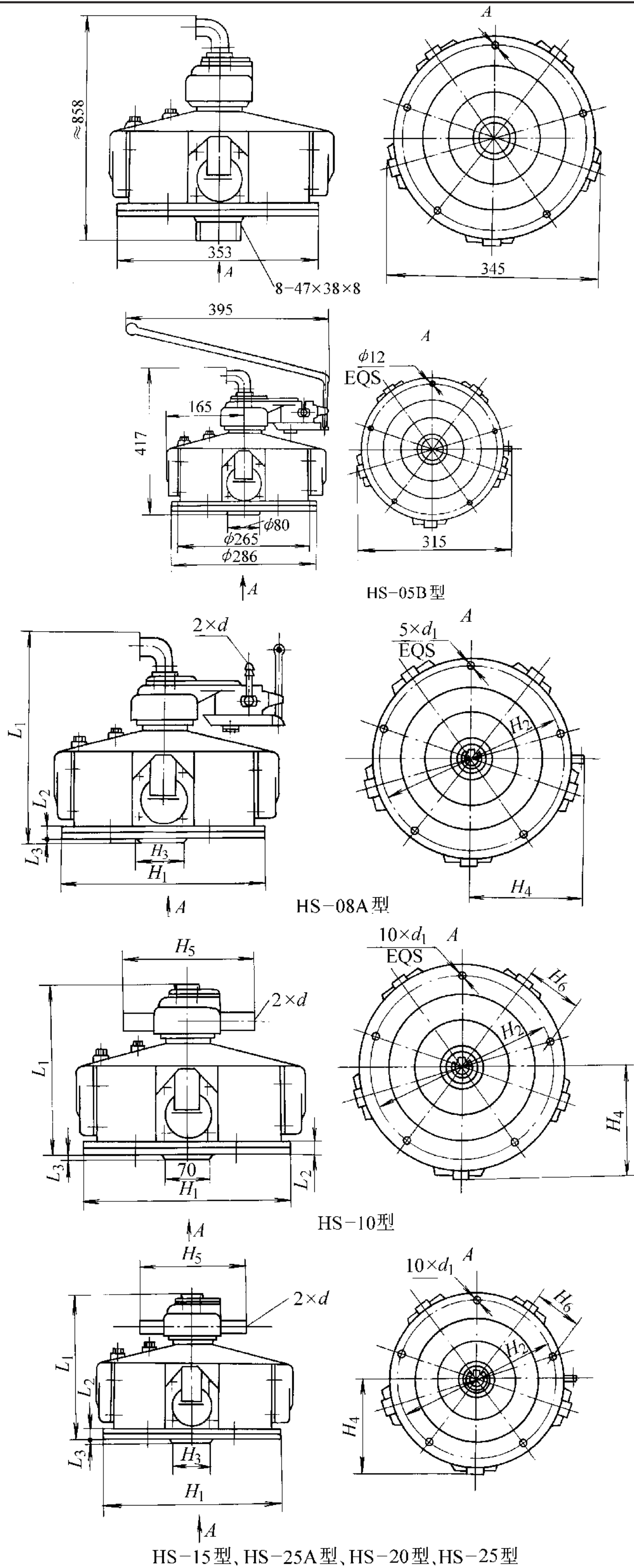
额定功率/kW	工作压力/MPa	进气口径	空载转速/r·min^{-1}	额定转速/r·min^{-1}	额定功率时耗气量/m^3·min^{-1}	型　号	外形尺寸	重量/kg
18.4	0.4～0.6	ZG1 $\frac{1}{2}$	1200	300	10.4～12.95	TM1-25	490×560	214

H_1	H_2	H_3	H_4	L_1	L_2	L_3	缸径 D	d	ϕ
ϕ560	ϕ520	ϕ120	294	490	148	5	ϕ150	10孔 ϕ17	594

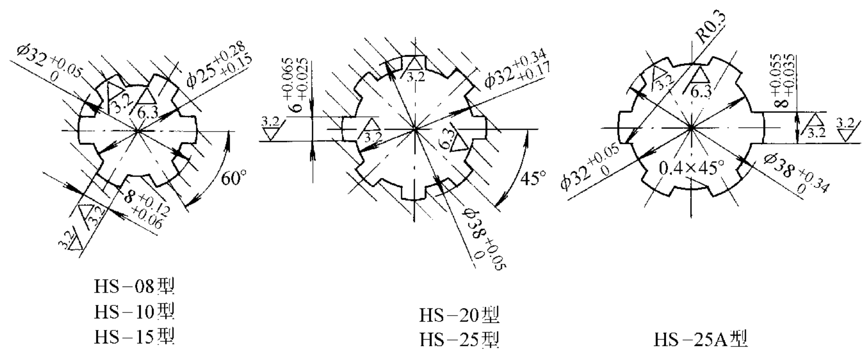
注：生产厂：宣化通用机械厂。

8. HS型活塞式气马达(见表23.4-222)

表 23.4-222 HS 型活塞式气马达 (mm)



（续）



HS型气马达输出轴

型号	额定功率/kW	气缸直径/mm	气缸数	活塞行程/mm	额定压力/MPa	工作压力/MPa	转速/r·min⁻¹	耗气量/m³·min⁻¹	重量/kg
HS-05A	3.68	65	6	50	0.5	0.4～0.6	500～1500	4.3	118
HS-05B		65	6	50	0.5		500～1500	4.3	56
HS-08A	5.89	90.5	5	64	0.55		600～1400	6.8	78.5
HS-08		90.5	5	64	0.55		600～1500	6.8	72
HS-10	7.36	101	5	62	0.55		550～1400	8.5	82
HS-15	11.30	110	5	70	0.6		550～1000	13	136
HS-20	14.71	130	5	70	0.6		550～1000	17	184
HS-25A	18.39	140	5	80	0.6			20	189
HS-25		150	5	80	0.55		550～1100	21	214

型号	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	L_1	L_2	L_3	d	d_1
HS-08A	ϕ362	ϕ336	ϕ90	198			426	24	3.5	G1	13
HS-08	ϕ362	ϕ336	ϕ90	198	220		323	24	3.5	Z1	13
HS-10	ϕ410	ϕ382		210	220	72	355	31	22	G1 $\frac{1}{4}$	13
HS-15	ϕ450	ϕ420	ϕ120	246	260	50	400	34	7	G1 $\frac{1}{2}$	13
HS-20	ϕ500	ϕ470	ϕ410	272	270	60	420	34	10	G1 $\frac{1}{2}$	17
HS-25A	ϕ500	ϕ470	ϕ164	272	284	82	513	34	12	ZG2	18
HS-25	ϕ560	ϕ520	ϕ105	294	300	60	490	45	5	G2	17

注：生产厂：太原矿山机器厂。

2.3.3　摆动式气马达

1. QGB1、QGB2系列叶片摆动气马达

（1）技术规格（见表23.4-223）

表23.4-223　QGB1、QGB2系列叶片摆动气马达技术规格

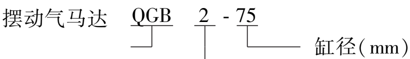
型　　号	QGB1-52	QGB1-75	QGB1-100	QGB1-144	QGB2-52	QGB2-75	QGB2-100	QGB2-144
缸内径/mm	52	75	100	144	52	75	100	144
缸内容积/cm³	60	184	360	1152	43	131	257	823

（续）

型　　号	QGB1-52	QGB1-75	QGB1-100	QGB1-144	QGB2-52	QGB2-75	QGB2-100	QGB2-144
压力 1MPa 时输出转矩/N · m	11	33	62	214	22	65	120	422
最高使用频率/min^{-1}	70	50	40	25	200	130	100	70
工作压力/MPa	0. 25 ~ 1				0. 25 ~ 1			
叶片数目	1				2			
摆动角度/（°）	280 ± 3				100 ± 3			

注：1. QGB1 为单叶片摆动马达，QGB2 为双叶片摆动气马达。

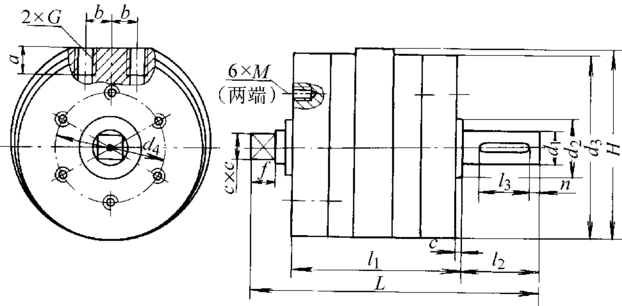
2. 型号意义：



叶片数：1—单叶片；2—双叶片

（2）外形尺寸（见表 23. 4-224）

表 23. 4-224　QGB1、QGB2 叶片摆动气马达外形尺寸　（mm）



型　　号	a	b	c	d_1	d_2	d_3	d_4	e	f
QGB1-52 QGB2-52	10	10. 5	2. 5	$\phi12^{-0.006}_{-0.018}$	$\phi25^{0}_{-0.045}$	$\phi75$	$\phi48$	10	13
QGB1-75 QGB2-75	20	15	2. 5	$\phi17^{-0.006}_{-0.018}$	$\phi30^{0}_{-0.045}$	$\phi110$	$\phi70$	13	16
QGB1-100 QGB2-100	20	20	3. 5	$\phi25^{-0.08}_{-0.022}$	$\phi45^{0}_{-0.05}$	$\phi140$	$\phi80$	19	22
QGB1-144 QGB2-144	25	22. 5	4. 5	$\phi40^{-0.010}_{-0.027}$	$\phi70^{0}_{-0.06}$	$\phi200$	$\phi120$	32	35

型　　号	G	H	L	l_1	l_2	l_3	$6\times M$	n
QGB1-52 QGB2-52	G $\frac{1}{8}$	80	145	87	39. 5	4 × 20	M6 深 10	5
QGB1-75 QGB2-75	G $\frac{1}{4}$	115	180	103	54	5 × 35	M8 深 12	6
QGB1-100 QGB2-100	G $\frac{3}{8}$	145	220	125	65	6 × 40	M10 深 14	6
QGB1-144 QGB2-144	G $\frac{1}{2}$	210	285	171	69	12 × 40	M12 深 20	10

注：生产厂：天津机械厂。

2. FESTO 的 DSM 叶片式摆动气马达

（1）技术规格（见表 23.4-225）

（2）外形尺寸（见表 23.4-226）

（3）最大摆动角度

加液压缓冲器后可明显的增加摆动气缸的缓冲角度、提高缓冲特性。最大摆动角度见表 23.4-227。

（4）安装要点

如果转动惯量超过了规定的值，必须安装外部挡块；挡块的安装位置不能低于输出轴的最小半径，并且作用在挡块上的冲击力不能大于最大许用作用力（见表 23.4-228）。

表 23.4-225　DSM 系列叶片式摆动气马达技术规格

叶片式摆动气马达		DSM-12-270-P-…	DSM-16-270-P-…	DSM-25-270-P-…	DSM-32-270-P-…	DSM-40-270-P-…
缸径/mm		12	16	25	32	40
工作介质		过滤压缩空气（润滑或未润滑）				
结构特点		带旋转叶片的摆动气缸				
最大许用工作压力/MPa		1.0				
安装位置		任意				
温度范围/℃		-10～60				
最大摆动角度/(°)		基本型：272；派生型 CL/CR/CC：254～258				
接管螺纹		M5	M5	M5	G1/8	G1/8
在最大摆动角度，压力 0.6MPa 时的耗气量/cm^3		82	163	288	632	1168
扭矩（0.6MPa 时）/N·m		1.25	2.5	5	10	20
最大许用摆动频率（在最大摆动角度时）/Hz	2	2，1	2，1	2，0.7	2，0.7	—
输出轴上的最大许用径向负载/N		45	75	120	200	350
输出轴上的最大许用轴向负载/N		18	30	50	75	120
输出轴上的最大许用转动惯量/kg·m^2	基本型	0.35×10^{-4}	0.7×10^{-4}	1.1×10^{-4}	1.7×10^{-4}	2.4×10^{-4}
	派生型 CL/CR/CC	7×10^{-4}	12×10^{-4}	16×10^{-4}	21×10^{-4}	40×10^{-4}
缓冲角度/(°)	基本型	1.8～2.6	1.3～2.1	1.1～1.9	0.9～1.7	1.4～2.1
	派生型 CL/CR/CC（带液压缓冲器）	13	12	10	12.5	15

注：型号意义：

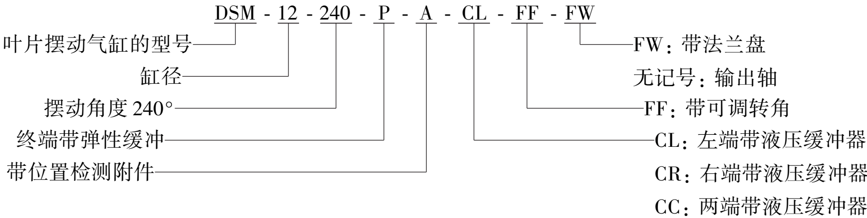
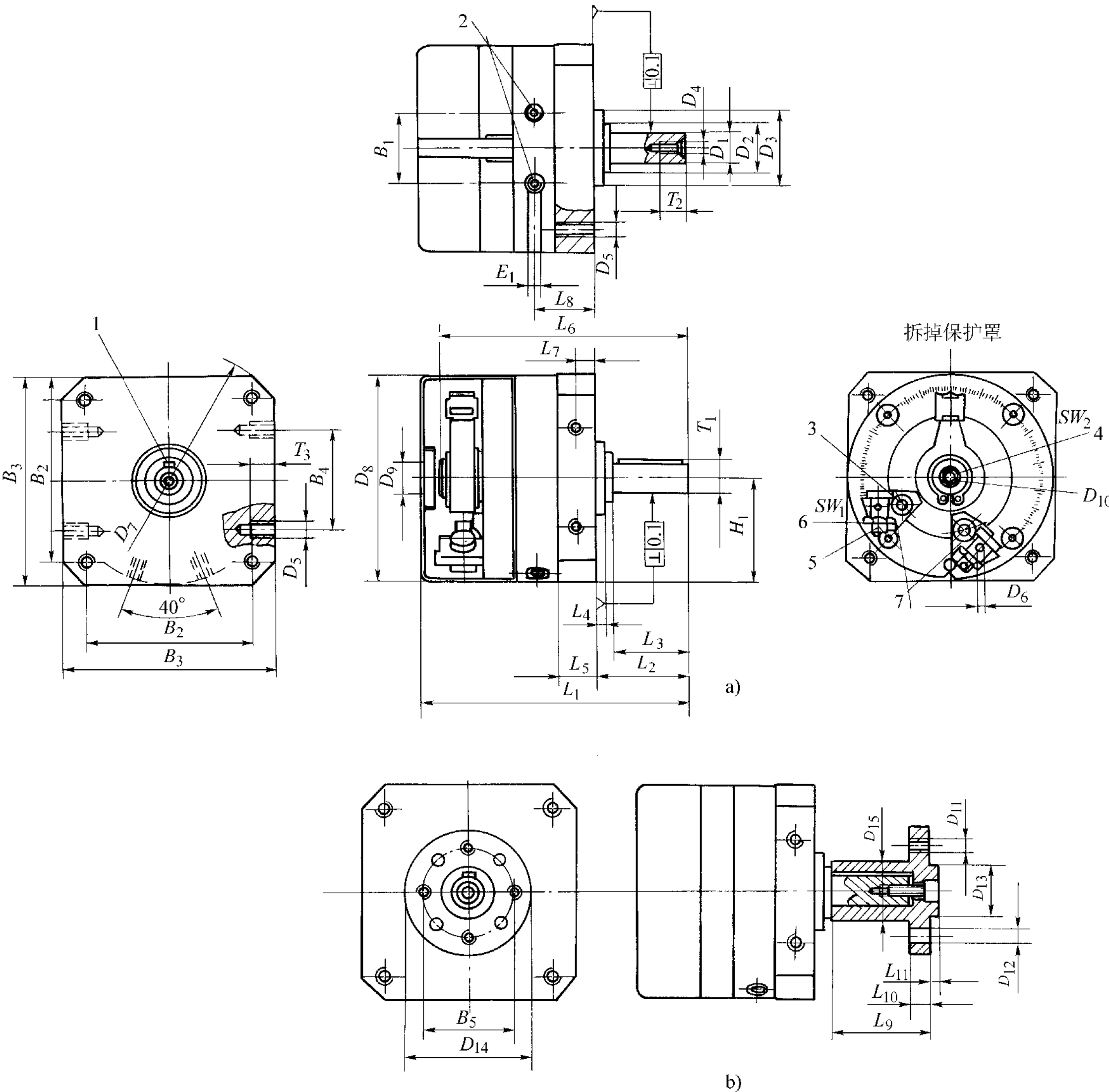


表 23.4-226　DSM-270-P 基本型与 FWSR…型嵌入法兰的外形尺寸　（mm）



a）DSM-270-P 基本型（两端均带固定挡块）　b）FWSR…型嵌入法兰

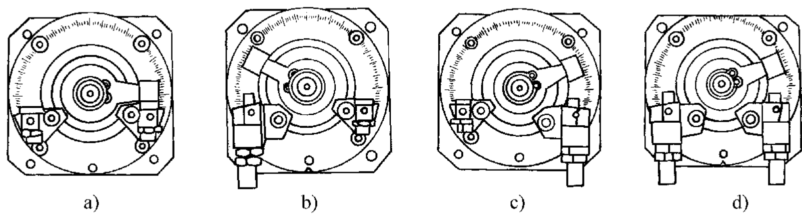
1—0°时半圆键位置　2—进气口　3—固定挡块锁紧螺钉　4—手动操纵内六角　5—行程终点调节螺钉　6—终点调节锁紧螺母　7—无级可调挡块

缸径	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	D_1 g7 ϕ	D_2 ϕ	D_3 f8 ϕ	D_4	D_5	D_6	D_7 ϕ	D_8 ϕ	D_9 ϕ	D_{10}	D_{11}	D_{12} H13 ϕ	D_{13} f8 ϕ	D_{14} ϕ	D_{15} ϕ
12	19.8	48	59	30	21	8	15	24	M3	M4	M3	78	58	9	M4	M3	3.4	14	35	15
16	23.5	57	70	40	28	10	18	28	M3	M5	M3	91	69	12.5	M5	M4	4.5	16	40	17
25	28	65	83	40	35	12	20	30	M4	M6	M3	106	82	13	M5	M5	5.5	20	50	23
32	35.5	85	105	60	45	16	27	42	M5	M8	M3	135	104	16.5	M5	M6	6.6	28	60	28
40	43.8	105	130	80	54	20	36	52	M6	M10	M3	168	128	23.5	M6	M8	9	36	70	38

（续）

缸径	E_1	H_1	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	T_1 max	T_2	T_3	SW_1	SW_2	半圆键符合 DIN6885 标准
12	M5	29.5	77.5	24.5	20	3	10.3	68.3	5	16.5	25	3	3	8.8	9	8	7	6	A2×2×16
16	M5	35	90.8	28	23	2.6	13	81.2	6.5	20.2	28	5	3	11.2	9	8	8	8	A3×3×18
25	M5	41.5	105.5	36.5	30	4	15.2	97.5	7.5	23.5	38	8	3	13.5	10	10	10	8	A4×4×25
32	G1/8	52.5	139.5	51	40	8	19.2	127.1	9.5	30.5	48	10	4	18	12.5	12	13	10	A5×5×36
40	G1/8	65	171.5	62	50	8	23.7	155.5	12	36	60	11	5	22.5	16	15	17	10	A6×6×45

表 23.4-227　DSM 系列叶片式摆动气缸的最大摆动角度



a) 　　b) 　　c) 　　d)

a）两端带固定挡块　b）左端带缓冲器 CL、右端带固定挡块
c）右端带缓冲器 CR、左端带固定挡块　d）两端带缓冲器 CC

缓冲器型号	适用的叶片式摆动气缸型号	最大摆动角度/(°)（不带缓冲器）	最大摆动角度/(°)（带一个缓冲器）	最大摆动角度/(°)（带两个缓冲器）
YSR-7-5-C	DSM-16-...-P-CL/CR/CC	270	245	238
YSR-7-5-C	DSM-25-...-P-CL/CR/CC	270	258	246
YSR-8-8-C	DSM-32-...-P-CL/CR/CC	270	258	246
YSR-12-12-C	DSM-40-...-P-CL/CR/CC	270	255	240

表 23.4-228　挡块半径与最大许用作用力

挡块 r_{min}	缸径/mm	挡块半径 r_{min}/mm	最大许用作用力/N	缸径/mm	挡块半径 r_{min}/mm	最大许用作用力/N
	12	15	90	32	28	480
	16	17	160	40	40	650
	25	21	320			

3. DSR/DSRL 叶片式摆动气马达

(1) 技术规格(见表 23.4-229)

(2) 外形尺寸(见表 23.4-230)

表 23.4-229　DSR/DSRL 叶片式摆动气马达技术规格

主要技术参数						
活塞直径 ϕ/mm	10	12	16	25	32	40
气接口	M3	M5	M5	M5	G1/8	G1/8
结构特点	叶片驱动的摆动气缸					
缓冲型式	任意一端具有不可调缓冲					
位置传感	电子式					
	气动式					
	电感式					
安装型式	通过通孔					
	通过附件安装					
安装位置	任意					
摆动角度/(°)	0～181			0～184		
工作和环境条件						
工作介质	过滤压缩空气，润滑或未润滑					
工作压力/MPa	0.28～0.8	0.2～0.8		0.15～0.8		
0.6MPa 时的力矩/N·m	0.5	1	2	5	10	20
最大摆动频率/Hz	3					
最大径向负载/N	30	45	75	120	200	350
最大轴向负载/N	10	18	30	50	75	120

注：型号意义：

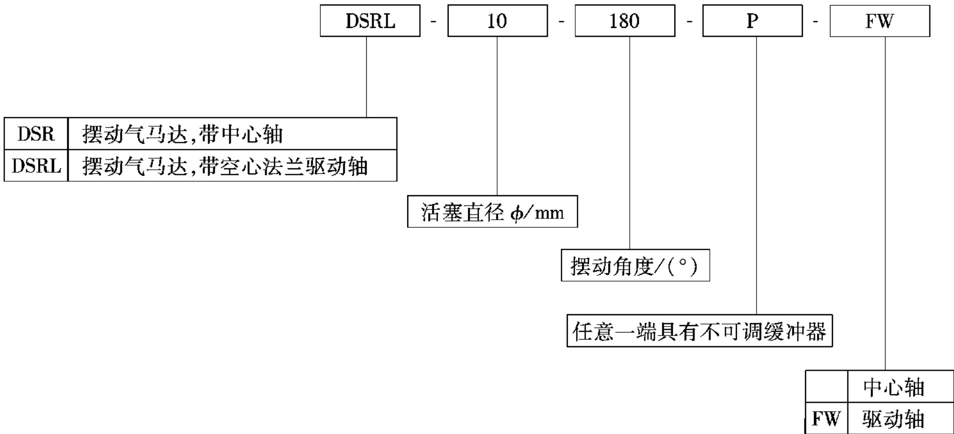
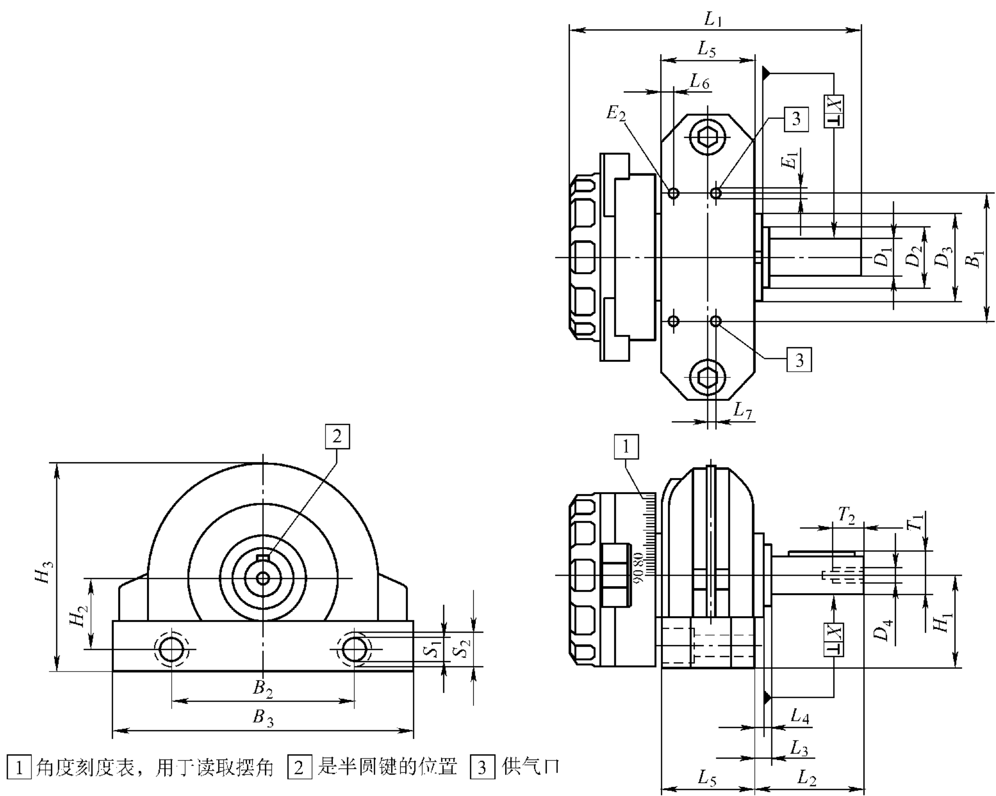


表 23.4-230　DSR/DSRL 叶片式摆动气马达外形尺寸　（mm）



1 角度刻度表，用于读取摆角　2 是半圆键的位置　3 供气口

注：1. 两个方向的摆动角度都是 90°，摆角与压力有关，每一边上的缓冲角度最大为 1.6°(在 0.8MPa 时)。如果转动之后，动能被缓冲器转换，驱动轴将转回一个对应角度

2. 挡块不能移走，因为旋转叶片不适用于终端限位。端盖上装有一个用于调节角度的刻度表

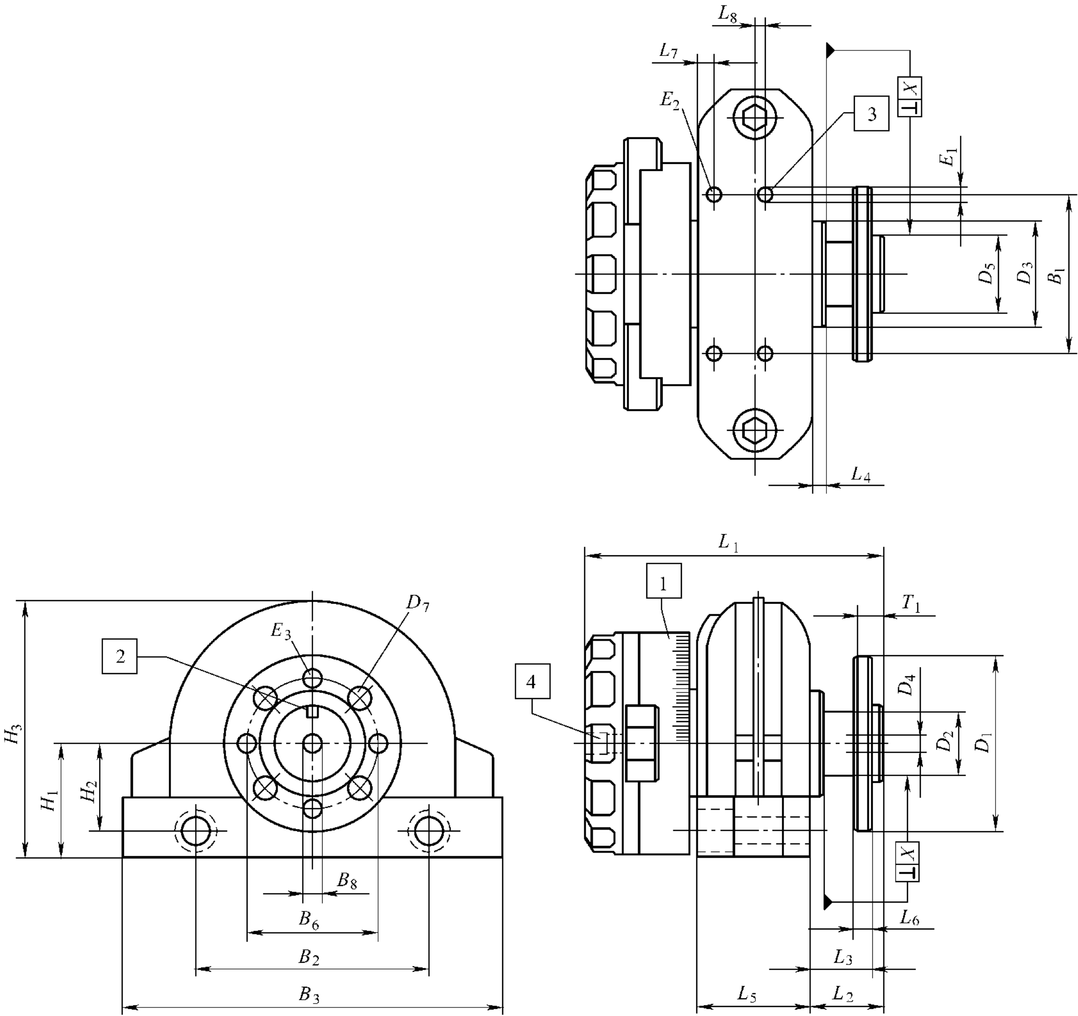
3. 当要附加零件到驱动轴上时，D_4 处螺栓的紧固力矩不能超过最大许用紧固力矩

ϕ /mm	B_1	B_2	B_3	D_1 ϕ g7	D_2 ϕ	D_3 ϕ h8	D_4	E_1	E_2	H_1	H_2	H_3	L_1	L_2
10	22	32	53	6	12	20	M2.5	M3	M3	19.4	15.5	38.8	57	22.4
12	26	40	65	8	16	22	M3	M5	M3	23.5	18.5	48	65.6	25.5
16	30	46	78	10	17	24	M3	M5	M3	27	20.5	56.5	75.8	29
25	42	60	98	12	18	28	M4	M5	M4	30	23	68.1	94.5	35.4
32	54	80	130	16	27	42	M5	G1/8	M4	43	34	92	125.5	50
40	70	100	160	20	36	52	M6	G1/4	M4	53	40	121	162	60

ϕ /mm	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	S_1	S_2	T_1	T_2	X	半圆键符合 DIN6885 标准	D_4 处的紧固力矩/N·m
10	6.5	4.5	15.1	2.1	2	3.4	6	6.8	7	0.35	A2×2×12	0.7
12	5.5	3.5	18	2.1	2.5	4.4	8	8.8	9	0.35	A2×2×16	1.2
16	6	3.5	22.5	2.1	—	5.5	10	11.2	9	0.35	A3×3×18	1.2
25	5.4	3	30	4	—	7	11	13.5	10	0.4	A4×4×25	5.5

（续）

ϕ /mm	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	S_1	S_2	T_1	T_2	X	半圆键符合DIN6885标准	D_4处的紧固力矩/N·m
32	10	7	36	4	—	8.5	15	18	12.5	0.45	A5×5×36	5.5
40	10	6	50	4	—	8.5	15	22.5	16	0.5	A6×6×45	5.5



1 角度刻度表，用于读取摆角　2 0°时半圆键的位置　3 供气口　4 通孔

注：1. 两个方向的摆动角度都是90°。摆角与压力有关，每一边上的缓冲角度最大给为1.6°(在0.8MPa时)。如果转动之后，动能被缓冲器转换，驱动轴将转回一个对应角度

2. 挡块不能移走，因为旋转叶片不适用于终端限位，端盖上装有一个用于调节角度的刻度表

3. 当要附加零件到驱动轴上时，D4处螺栓的紧固力矩不能超过最大许用紧固力矩

ϕ /mm	B_1	B_2	B_3	D_1 ϕ g7	D_2 ϕ	D_3 ϕ h8	D_4	D_5 ϕ f8	D_6 ϕ	D_7 ϕ H13	D_8 ϕ 最小	E_1	E_2	E_3	H_1
10	22	32	53	30	10	20	M2.5	11	21	3.4	1.5	M3	M3	M3	19.4
12	26	40	65	33	13	22	M3	14	25	3.4	1.5	M5	M3	M3	23.5

（续）

φ /mm	B_1	B_2	B_3	D_1 φ g7	D_2 φ	D_3 φ h8	D_4	D_5 φ f8	D_6 φ	D_7 φ H13	D_8 φ 最小	E_1	E_2	E_3	H_1
16	30	46	78	38	14	24	M3	16	28	4.5	3.5	M5	M3	M4	27
25	42	60	98	46	17	28	M4	20	35	5.5	3.5	M5	M4	M5	30
32	54	80	130	60	24	42	M5	28	45	6.5	7	G1/8	M4	M6	43
40	70	100	160	70	30	52	M6	36	54	9	7	G1/4	M4	M8	53

φ /mm	H_2	H_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	S_1	S_2	T_1	X	D_4 处的紧固力矩/N·m
10	15.5	38.8	49	14	12.3	4.5	15.1	3	2.2	2	3.4	6	5	0.35	0.7
12	18.5	48	54.2	13.5	11.5	3.5	18	3	2.1	2.5	4.4	8	5	0.35	1.2
16	20.5	56.5	64.7	16	14	3.5	22.5	4	2.1	—	5.5	10	6	0.35	1.2
25	23	68.1	78	18.5	15.5	3	30	4.5	4	—	7	11	6	0.4	5.5
32	34	92	102.8	26	22	7	36	6	4	—	8.5	15	8	0.45	5.5
40	40	121	134.5	31	26	6	50	7.5	4	—	8.5	15	8	0.5	5.5

4. SMC MSU 叶片式摆动气马达

（1）技术规格（见表 23.4-231）

（2）外形尺寸（见表 23.4-232）

表 23.4-231　SMC MSU 叶片式摆动气马达技术规格

型号		MSUB1			MSUB3			MSUB7			MSUB20		
动作方式		双作用											
叶片型式		单叶片		双叶片	单叶片		双叶片	单叶片		双叶片	单叶片		双叶片
摆动角度①/(°)		90	180	90	90	180	90	90	180	90	90	180	90
使用流体		空气（不给油）											
环境和流体温度/℃		5～60											
使用压力范围/MPa		0.2～0.7			0.15～0.7						0.15～1		
摆动时间调整范围/(s/90°)		0.07～0.3											
轴承		轴承											
供气口位置		本体侧面/轴向											
接管口径	本体侧面	M3×0.5			M5×0.8								
	轴向	M3×0.5						M5×0.8					

① 单叶片 90°…可调整角度 90°…±10°…（两端调整 ±5°…）；
单叶片 180°…可调整角度 180°…±10°…（两端调整 ±5°…）；
双叶片 90°…可调整角度 90°…±10°…（两端调整 ±2.5°…）。

注：型号意义：

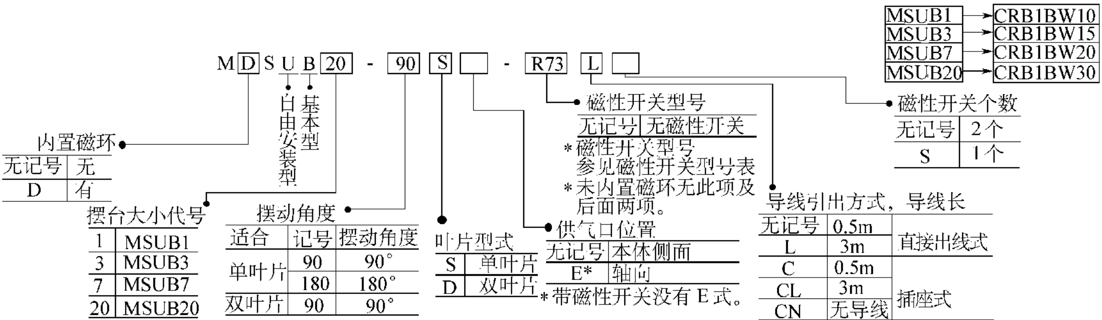
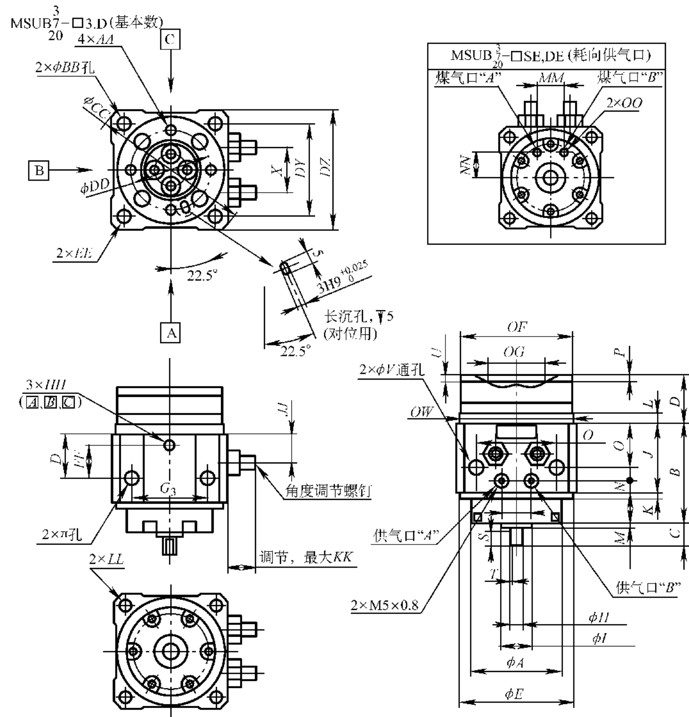


表 23.4-232　SMC MSU 叶片式摆动气马达外形尺寸　　(mm)



型　号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
MSUB3-□S，D	34	38	9	18	42 h9	41 h9	21 h9	5 g6	12 h9	26	2	3	1.5	5	16	3.5	29	10.5	6	0.5	2.5	4.5
MSUB7-□S，D	42	48.5	10	21.5	48 h9	47 h9	26 h9	6 g6	14 h9	30.5	2.5	4.5	1.5	5	19.5	4.5	36	11	7	0.5	2.5	5.5
MSUB20-□S，D	50	60	13	22	53.5 h9	52 h9	30 h9	8 g6	16 h9	34	4	5	2	6	21.5	4.5	43	13	8	1	3	6.6

型　号	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD	EE	FF	GG	HH	II	JJ	KK	LL	MM	NN	OO
MSUB3-□S，D	14	36	44	M4×0.7 深 7	4.5	58	30	M4×0.7 深 8	12	29	φ3H9 深 5	4.5	10.5	6.25	M4×0.7 深 8	10	11	M3×0.5
MSUB7-□S，D	19	41	50	M4×0.7 深 8	5.5	67	37	M5×0.8 深 10	13	36	φ4H9 深 6	5.5	12.5	8.25	M5×0.8 深 10	13	14	M5×0.8
MSUB20-□S，D	22	45	56	M5×0.8 深 8	6.6	76	42	M6×1 深 12	14	43	φ4H9 深 6	6.6	14	8.75	M6×1 深 12	14	15.5	M5×0.8

5. SMC CRB1、CRB2 叶片式摆动气马达(技术规格见表 23.4-233、表 23.4-234)

表 23.4-233　CRB1 系列叶片式摆动气缸

<table>
<tr><th>简　图</th><th>缸径
/mm</th><th>接管
螺纹</th><th>动作
方式</th><th>使用压
力范围
/MPa</th><th>环境与介
质温度
/℃</th><th>摆动
角度
/(°)</th><th>角度
公差
/(°)</th><th>允许[1]
动能
/N·m</th><th>摆动时间
范围
/s·90°⁻¹</th><th>润
滑</th></tr>
<tr><td rowspan="4">基本型　内置磁环型
角度调节型　带内置磁环的角度调节型</td><td>10</td><td rowspan="2">90°、180°
M5×0.8
270°
M3×0.5</td><td rowspan="4">双作用</td><td>0.2～0.7</td><td rowspan="4">5～60</td><td rowspan="4">90,
180,
270</td><td>+5
0</td><td>0.0015</td><td rowspan="3">0.03～0.3</td><td rowspan="4">有无润滑均可工作</td></tr>
<tr><td>15</td><td rowspan="2">0.15～0.7</td><td rowspan="3">+4
0</td><td>0.00025
(0.001)</td></tr>
<tr><td>20</td><td rowspan="2">M5×0.8</td><td>0.0004
(0.003)</td></tr>
<tr><td>30</td><td>0.1～1.0</td><td>0.015
(0.02)</td><td>0.04～0.3</td></tr>
</table>

① 括号内的值是使用内缓冲胶垫(标准摆动)的允许动能，如果摆动角度小于标准角度，例如摆动角度为90°或180°但用270°的回转驱动器(外加定位)内缓冲胶垫将不起作用，其值为括号外的数值。

表 23.4-234　CRB2 系列新中型叶片式摆动气缸

<table>
<tr><th>简　图</th><th>缸径
/mm</th><th>接管
螺纹</th><th>动作
方式</th><th>使用压
力范围
/MPa</th><th>环境与
介质温
度/℃</th><th>驱动
形式</th><th>摆角
角度
/(°)</th><th>角度
公差
/(°)</th><th>允许[1]
动能
/J</th><th>轴允许
负载
/N</th><th>转动时
间范围
/s·90°⁻¹</th><th>调节
角度
范围
/(°)</th><th>润
滑</th></tr>
<tr><td rowspan="2">基本型　角度调节型
角度调节　带内置磁环型内置磁环型</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">M5
×
0.8</td><td rowspan="2">双作用</td><td rowspan="2">0.15～1.0</td><td rowspan="2">5～60</td><td>单叶片式
(S)</td><td>90
180
270</td><td>+4
0</td><td rowspan="2">0.03
(0.04)</td><td rowspan="2">横向负载:
60
轴向负载:
40</td><td rowspan="2">0.07～0.5</td><td rowspan="2">2～230</td><td rowspan="2">有无润滑均可</td></tr>
<tr><td>双叶片式
(D)</td><td>90</td><td>+4
0</td></tr>
</table>

① 括号中的数值是有内缓冲胶垫的允许动能(标准摆动)。

第 5 章　气动控制阀

1　国产气动控制阀

1.1　压力控制阀

1.1.1　减压阀

1. QP 系列直动式减压阀

1）工作原理。如图 23. 5-1 所示，该系列阀靠平衡进气阀口 5 的节流作用减压，中心阀孔 3 的溢流作用及进气阀口 5 的开度变化稳定输出压力，当输出压力超过调定值时，中心阀孔 3 自行打开，经排气孔 2 排气，同时阀芯 4 上移，减少阀口的开度，稳定输出压力不变，调节旋钮 1 可使输出压力在规定范围内任意改变。旋钮 1 上移能调整压力，旋钮下移可锁定压力。

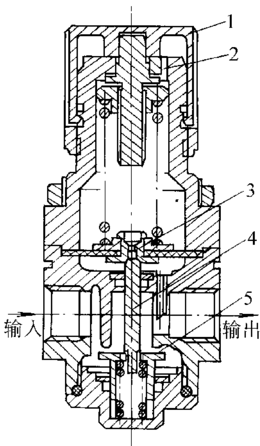


图 23. 5-1　QP 系列减压阀工作原理图
1—旋钮　2—排气孔　3—中心阀孔
4—阀芯　5—进气阀口

2）技术规格(见表 23. 5-1)

表 23. 5-1　QP 系列减压阀技术规格

规格＼型号	QP1		QP2			QP3	
公称通径/mm	6	8	8	10	15	20	25
接口螺纹	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G1/2	G3/4	G1
使用介质和温度/℃	空气，5 ~ 60						
调压范围/MPa	0. 05 ~ 0. 1；0. 05 ~ 0. 2；0. 05 ~ 0. 4；0. 05 ~ 0. 63；0. 05 ~ 0. 8						
最高工作压力/MPa	1. 0						
最大流量/NL · min^{-1}	800	1000	2300	2600	2900	5000	5000

注：1. 生产单位：济南华能气动元器件公司。
2. 额定流量指进口压力 0. 7MPa，调定压力 0. 5MPa，压力降为 0. 1MPa 的情况下。
3. 型号意义：

1　2-3　4 - 5

1		2		3		4		
型号		通径		接口螺纹		任 选 规 格		
代号	名称	代号	通径	代号	螺纹	项目	代号	任选规格
QP1	减压阀	06	6	01	G1/8	调压范围	5	调压范围 0. 05 ~ 0. 4MPa
		08	8	02	G1/4		6	调压范围 0. 05 ~ 0. 63MPa
QP2	减压阀	08	8	02	G1/4		7	调压范围 0. 05 ~ 0. 8MPa
		10	10	03	G3/8		8	调压范围 0. 05 ~ 0. 1MPa
		15	15	04	G1/2		9	调压范围 0. 05 ~ 0. 2MPa
QP3	减压阀	20	20	05	G3/4	注：调压范围 8、9 只适合 QP1、QP2；这类减压阀只能单体使用。		
		25	25	06	G1			

5				
配　件		适 用 型 号		
代号	项目	QP1	QP2	QP3
P	外接压力表	■	■	■

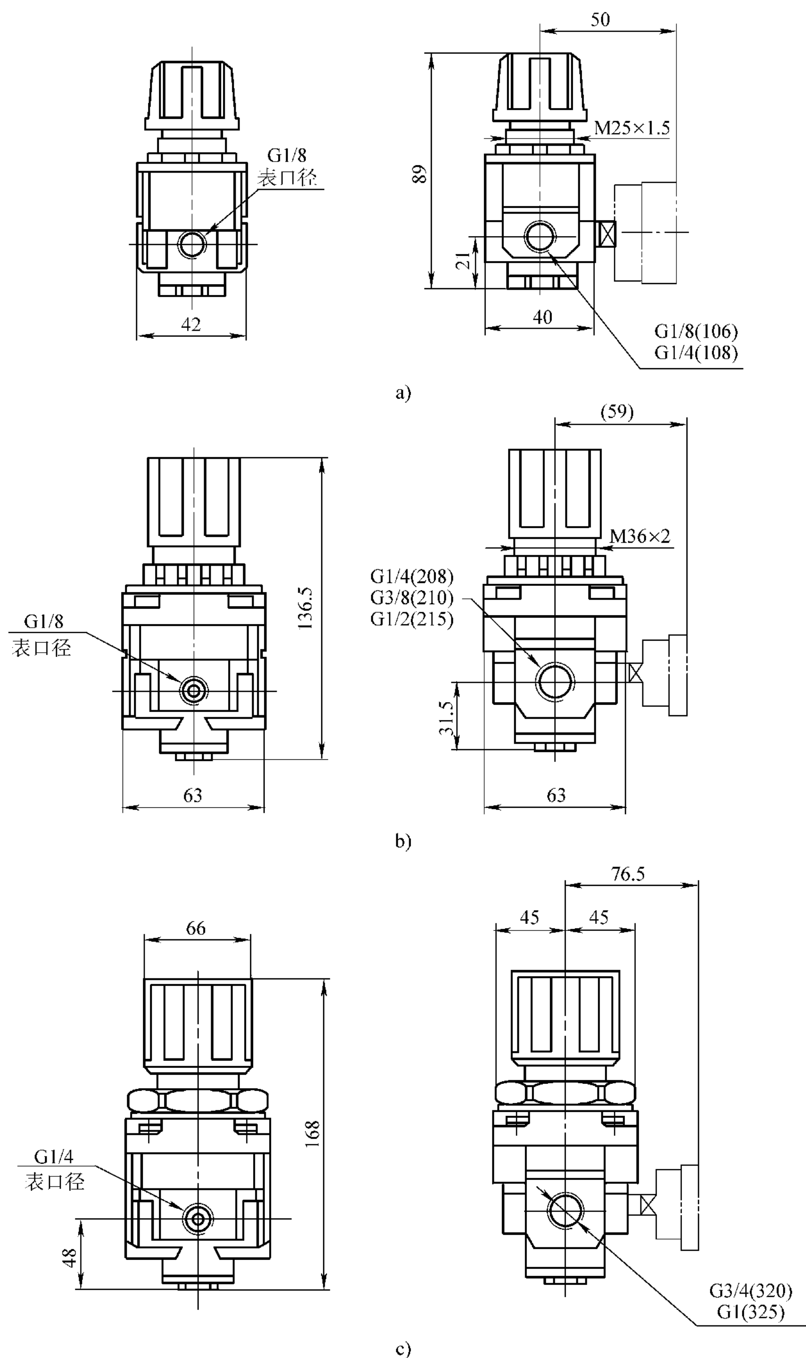


图 23. 5-2　QP 系列减压阀外形尺寸

a）QP1　b）QP2　c）QP3

3）外形尺寸(见图 23. 5-2)

2. AR、PAR 系列直动式减压阀

1）工作原理。与图 23. 5-1 所示减压阀工作原理相同。

2）技术规格(见表 23. 5-2)。

3）外形尺寸(见表 23. 5-3)。

3. QTYa 系列高压减压阀

1）工作原理　与图 23. 5-1 所示减压阀工作原理相近。

2）技术规格(见表 23. 5-4)。

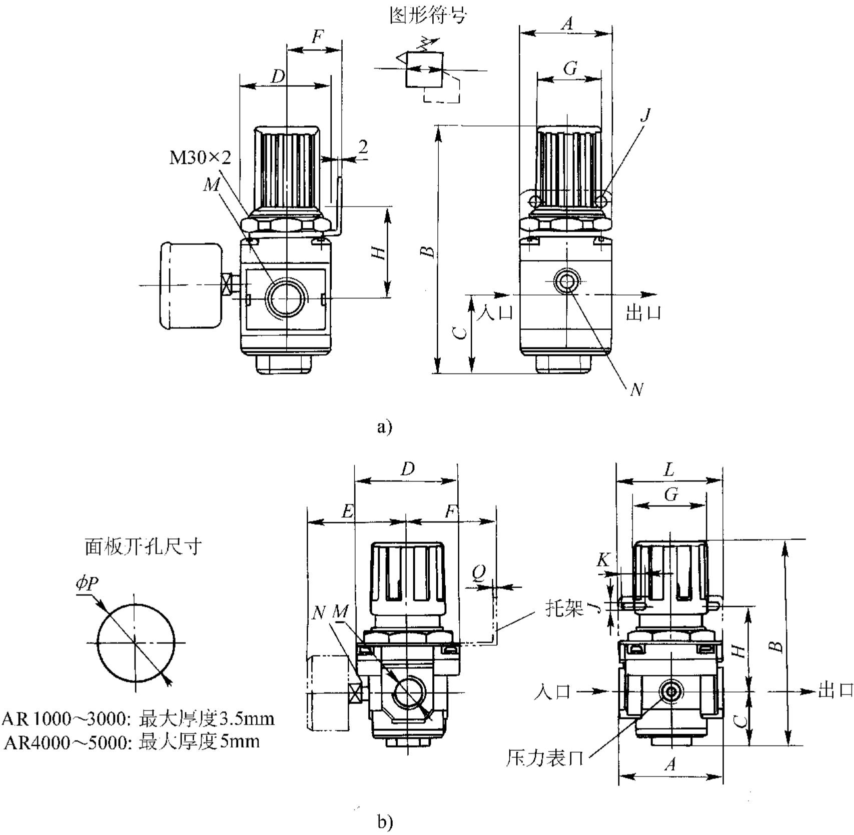
3）外形尺寸(见表 23. 5-5)。

表 23.5-2　AR、PAR 系列直动式减压阀技术规格

<table>
<tr><th colspan="2">型　号①</th><th>接管螺纹②</th><th>压力表螺纹②</th><th>介质及环境温度/℃</th><th>最高使用压力/MPa</th><th>调压范围/MPa</th><th>额定流量③/L·min⁻¹</th><th>重量/kg</th></tr>
<tr><td></td><td>AR1000-M5</td><td>M5</td><td>G1/16</td><td rowspan="12">5～60</td><td rowspan="12">1.0</td><td rowspan="12">0.05～0.85</td><td>100</td><td>0.08</td></tr>
<tr><td>PAR2000-02</td><td>AR2000-02</td><td>G1/4</td><td rowspan="4">G1/8</td><td>550</td><td>0.27</td></tr>
<tr><td></td><td>AR2500-02</td><td>G1/4</td><td>2000</td><td>0.27</td></tr>
<tr><td></td><td>AR3000-02</td><td>G1/4</td><td>2500</td><td>0.41</td></tr>
<tr><td>PAR3000-30</td><td>AR3000-03</td><td>G3/8</td><td>2500</td><td>0.41</td></tr>
<tr><td></td><td>AR4000-03</td><td>G3/8</td><td rowspan="7">G1/4</td><td>6000</td><td>0.84</td></tr>
<tr><td>PAR4000-04</td><td>AR4000-04</td><td>G1/2</td><td>6000</td><td>0.84</td></tr>
<tr><td>PAR4000-06</td><td>AR4000-06</td><td>G3/4</td><td>6000</td><td>0.94</td></tr>
<tr><td></td><td>AR5000-06</td><td>G3/4</td><td>8000</td><td>1.19</td></tr>
<tr><td></td><td>AR5000-10</td><td>G1</td><td>8000</td><td>1.19</td></tr>
<tr><td>PAR6000-06</td><td></td><td>G3/4</td><td>10000</td><td>1.20</td></tr>
<tr><td>PAR6000-10</td><td></td><td>G1</td><td>10000</td><td>1.20</td></tr>
</table>

① 含压力表的型号需在表内型号后加“G”符号，压力表需单独订货。
② PAR 系列产品接管螺纹和压力表螺纹均为 Rc 圆锥螺纹。
③ 输入压力为 0.7MPa，输入调定压力为 0.5MPa 情况下的流量。
生产单位：奉化韩海机械制造有限公司生产 PAR 系列产品；无锡恒立液压气动有限公司、上海利岛气动设备有限公司、重庆嘉陵气动元件厂生产 AR 系列产品。

表 23.5-3　AR、PAR 系列直动式减压阀外形尺寸　　（mm）



a）PAR2000　b）AR1000～AR5000、PAR3000～PAR6000

（续）

型　　号	接管螺纹 *M*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*L*	*N*	*P*	*Q*
AR1000-M5	M5	25	61.5	11	25	26	25	28	30	4.5	6.5	40	G1/16	20.5	2
AR2000-02	G1/4	40	95	17	40	56.8	30	34	45	5.4	15.4	55	G1/8	33.5	2.3
PAR2000-02	Rc1/4	38	103	22	38		25	27	36	4.5			Rc1/8		
AR2500-02/03	G1/4，G3/8	53	102.5	25	48	60.8	30	34	44	5.4	15.4	55	G1/8	33.5	2.3
AR3000-02/03	G1/4、G3/8	53	127.5	35	53	60.8	41	40	46	6.5	8	53	G1/8	42.5	2.3
PAR3000-03	Rc3/8	52	114	32	52		36	30	41	8.0			Rc1/8		
AR4000-03/04	G3/8、G1/2	70	149.5	37.5	70	65.5	50	54	54	8.5	10.5	70	G1/4	52.5	2.3
PAR4000-04	Rc1/2	70	147	37	70		50	54	54	8.5			Rc1/4		
AR4000-06	G3/4	75	154.5	40.5	70	69.5	50	54	56	8.5	10.5	70	G1/4	52.5	2.3
PAR4000-06	Rc3/4	75	151	40	70		50	54	56	8.5			Rc1/4		
AR5000-06/10	G3/4、G1	90	168	48	90	75.5	70	66	65.8	11	13	90	G1/4	52.5	3.2
PAR6000-06/10	Rc3/4、Rc1	90	168	48	90		70	66	62	8.5			Rc1/4		

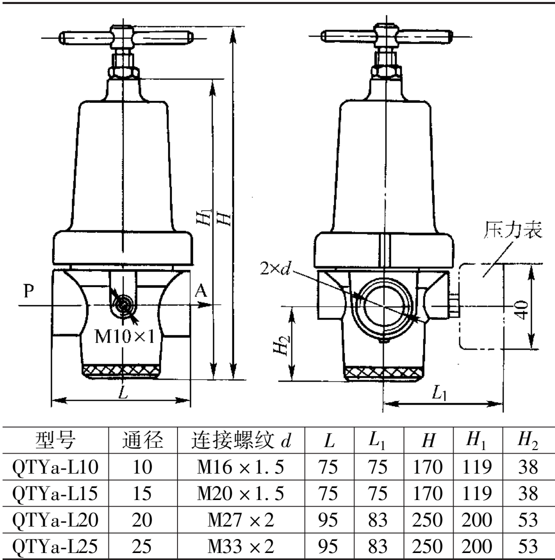
表 23.5-4　QTYa 高压减压阀技术规格

型　　号	通径/mm	连接螺纹	工作介质	工作温度/℃	最高输入压力/MPa	调压范围/MPa
QTYa-L10 ~ QTYa-L25	10 ~ 25	M16 × 1.5 ~ M33 × 2	经净化的压缩空气	−25 ~ 80（但不结冰）	3.0	0.05 ~ 1.6

生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司。

表 23.5-5　QTYa 系列高压减压阀外形尺寸

（mm）



型号	通径	连接螺纹 *d*	*L*	L_1	*H*	H_1	H_2
QTYa-L10	10	M16 × 1.5	75	75	170	119	38
QTYa-L15	15	M20 × 1.5	75	75	170	119	38
QTYa-L20	20	M27 × 2	95	83	250	200	53
QTYa-L25	25	M33 × 2	95	83	250	200	53

4. PJXN-L80 型内部先导式减压阀

1）工作原理。如图 23.5-3 所示，该阀是由小减压阀控制主阀，从而提高阀的流量、压力。

2）技术规格（见表 23.5-6）。

3）外形尺寸（见图 23.5-3）。

5. QGD 系列定值器

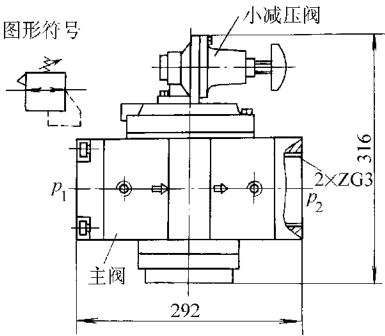


图 23.5-3　PJXN-L80 型内部先导式减压阀

表 23.5-6　PJXN-L80 型先导式减压阀技术规格

型　　号	PJXN-L80
公称通径/mm	80
工作介质	经过滤的压缩空气
工作温度/℃	5 ~ 60
最高进气压力/MPa	1.0
调压范围/MPa	0.05 ~ 0.63
压力特性①/MPa	≤0.02

① 指进气压力波动 0.2MPa 时输出压力的波动情况。

生产单位：山东威海气动元件有限公司。

1）工作原理。定值器是由直动式减压阀的主阀Ⅰ、恒压降装置Ⅱ、喷嘴挡板放大装置Ⅲ组成。是一种高精度减压阀。装置Ⅲ的放大作用提高了控制主阀Ⅰ的灵敏性，装置Ⅱ使喷嘴 1 得到稳定的流量并配合Ⅲ进一步提高主阀Ⅰ的稳压精度（见图 23.5-4）。

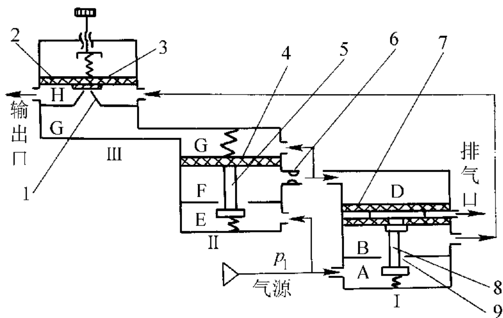


图 23. 5-4　定值器的工作原理图

Ⅰ—主阀　Ⅱ—恒压降装置　Ⅲ—喷嘴挡板放大装置

1—喷嘴　2、4、7—膜片　3—挡板　5—活门

6—恒节流孔　8—主阀芯阀杆　9—主阀口

工作中，当输入(或输出)压力波动时，如压 p_1 上升，B 室、H 室压力提高，使膜片 2 上移、挡板 3 与喷嘴 1 的距离增大，D 室压力下降，膜片 7 与主阀芯阀杆 8 上移，主阀口 9 开度减小，因阀口处的阻力作用使输出压力下降，直至稳定到调定压力值上。当输入压力上升的同时，E 室、F 室的压力也提高，膜片 4 上移、活门 5 的阀口开度减小，节流作用增加，恒节流孔 6 左侧 F 室压力下降，恒节流孔右侧 G 室的压力由于输入压力的上升而下降，所以该装置保证了恒节流孔两侧压差不变，即通过的流量不变，提高了喷嘴挡板的灵敏度。同理，当输入(或输出)压力下降时，也可得到同样的调节。定值器利用输出压力的反馈作用和喷嘴挡板的放大作用控制主阀，使其对较小的压力变化作出反应，输出压力得到及时调节，保持出口压力基本稳定，因此其稳压精度高。

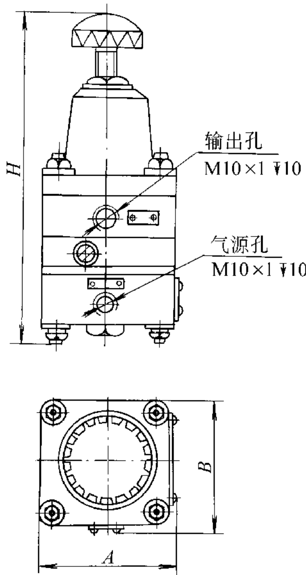
2）技术规格(见表 23. 5-7)。

3）外形尺寸(见表 23. 5-8)。

表 23. 5-7　定值器的技术规格

型　　号	接管螺纹 /mm	环境温度 /℃	气源最高压力 /MPa	输出压力 p_2 范围 /MPa	压力特性：气源压力在 ±10% 范围内变化时输出压力的变化	流量特性：流量在 0 ~600L/h 范围内变化时，输出压力的变化	耗气量 /L · h^{-1}
QGD-100	M10 ×1	+5 ~50	0. 14	0 ~0. 1	≤(0. 3% ~0. 5%)$p_{2\max}$	≤ ±1%$p_{2\max}$	90
QGD-101			0. 3	0 ~0. 25			
QGD-200							

表 23. 5-8　定值器的外形尺寸（mm）



型　　号	接管螺纹 d	A	B	H
QGD-100	M10 ×1	50	50	115
		71	71	184
QGD-101		50	50	115
		50. 5	50. 5	115
QGD-200		70	70	184
		71	71	184

生产单位：西安仪表厂、广东仪表厂。

1. 1. 2　过滤减压阀

1. QE 系列过滤减压阀

1）工作原理。如图 23. 5-5 所示，该阀由减压阀 1 和空气过滤器 2 组合而成。既能调节输出压力恒定，又能过滤出空气中的液体和杂质。

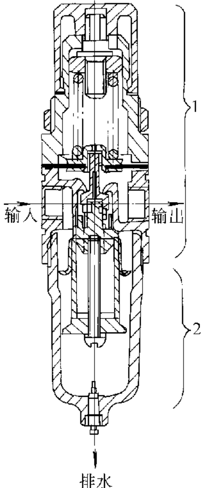


图 23. 5-5　空气过滤减压阀工作原理

1—减压阀　2—空气过滤器

2）技术规格(见表 23. 5-9)。

3）外形尺寸(见表 23. 5-10)。

表 23. 5-9　QE 系列过滤减压阀技术规格

规格 \ 型号	QE1		QE2		QE3		QE4	
公称通径/mm	6	8	8	10	10	15	20	25
接管螺纹	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G3/4	G1
使用介质和温度/℃	空气，5 ~60							
调压范围/MPa	0. 05 ~0. 4，0. 05 ~0. 63，0. 05 ~0. 8							
最高工作压力/MPa	1. 0							
过滤精度/μm	5 ~10，10 ~25，25 ~50，50 ~75							
水分离效率(%)	>95							
排水容量/cm^3	12		45		80		80	
最大流量(标准状态)/L · min^{-1}①	800	1200	2200	2500	3500	4500	5600	7000
重量/kg	0. 175		0. 6		0. 9		2. 0	

① 最大流量指进口压力 0. 7MPa，调定压力 0. 5MPa，压力降 0. 1MPa 时的空气流量(标准状态)。

注：1. 生产单位：济南华能气动元器件公司。

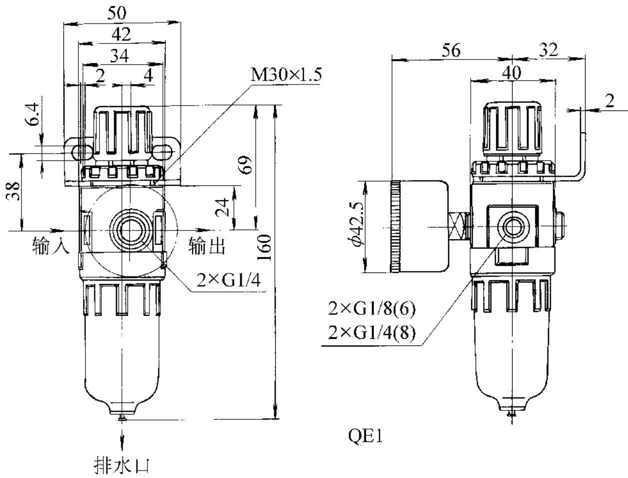
2. 型号意义：

1　2 — 3　4 — 5

1—过滤减压阀(二联件)代号	2—通径		3—气口尺寸		4—任选规格		5—排水及接压力表方式
	代号	通径/mm	代号	接管螺纹	代号	过滤度/μm	
QE1	06	6	01	G1/8	1	5 ~10	Z—自动排水 P_1—内接压力表 P_2—外接压力表
	08	8	02	G1/4	2	10 ~25	
QE2	08	8	02	G1/4	3	25 ~50	
	10	10	03	G3/8	4	50 ~75	
QE3	10	10	03	G3/8	代号	调压范围/MPa	
	15	15	04	G1/2	5	0. 05 ~0. 4	
QE4	20	20	05	G3/4	6	0. 05 ~0. 63	
	25	25	06	G1	7	0. 05 ~0. 8	

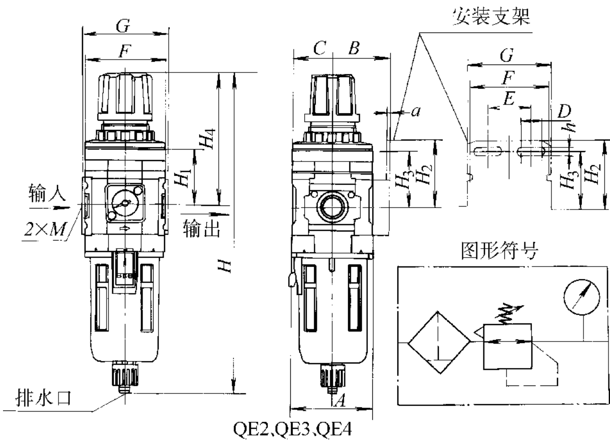
注：QE1 二联件无自动排水型式。

表 23. 5-10　QE 系列过滤减压阀外形尺寸　(mm)



QE1

（续）



QE2、QE3、QE4

型号	通径	接管螺纹 M	A	B	C	D	E	F	G	H	H_1	H_2	H_3	H_4	h	a
QE2	8	G1/4	63	45	32	16.5	34.5	63	67	251	45	53.5	45	104	7	2.3
	10	G3/8														
QE3	10	G3/8	79	55	40	14	55	80	84	279	45	54	45	110	7	2.3
	15	G1/2														
QE4	20	G3/4		65	50	16	68	100	104	307	50	61	50	159	9	3.5
	25	G1														

2. AW、PAW 系列过滤减压阀

1）工作原理与图 23.5-5 所示过滤减压阀工作原理相同。

2）技术规格（见表 23.5-11）。

3）外形尺寸（见表 23.5-12）。

表 23.5-11　AW、PAW 系列过滤减压阀技术规格

型号①		接管螺纹	压力表螺纹	环境及介质温度/℃	最高使用压力/MPa	调压范围/MPa	额定流量②/L·min⁻¹	过滤精度/μm	杯防护罩	重量③/kg
手动排水型	自动排水型④									
AW1000-M5	AW1000-M5D	M5	G1/16	5～60	1.0	0.05～0.7	100	5	无	0.09
AW2000-02	AW2000-02D	G1/4	G1/8			0.05～0.85	550			0.36(0.29)
AW3000-02	AW3000-02D	G1/4	G1/8				2000		有	0.56
AW3000-03	AW3000-03D	G3/8	G1/8				2000			0.56(.54)
AW4000-03	AW4000-03D	G3/8	G1/4				4000			1.15
AW4000-04	AW4000-04D	G1/2	G1/4				4000			1.15(1.15)
AW4000-06	AW4000-06D	G3/4	G1/4				4500			1.21

① 奉化韩海机械制造公司产品型号：需在表中型号前加符号“P”，其接管螺纹为 Rc 圆锥螺纹。

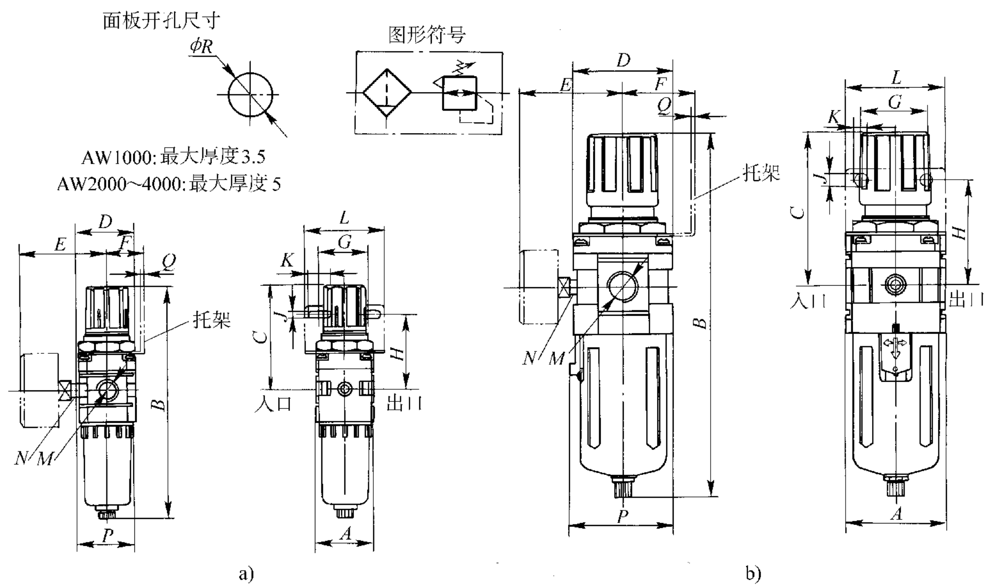
② 供气压力 0.7MPa 情况下输出流量。

③ 括号中的值为韩海公司的值。

④ 自动排水型为常开型，最低使用压力为 0.1MPa。

注：生产单位：奉化韩海机械制造有限公司、无锡恒立液压气动有限公司、上海利岛液压气动设备有限公司、重庆嘉陵气动元件厂。

表 23.5-12　AW、PAW 系列过滤减压阀外形尺寸　　（mm）



a）AW1000、AW2000、PAW2000　b）AW3000、AW4000、PAW3000、PAW4000

型　号	接管螺纹 M	A	B	接自动排水器 B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	Q	R
AW1000-M5	M5	25	109.5	130	50.5	25	26	25	28	30	4.5	6.5	40	G1/16	28	2	20.5
AW2000-02	G1/4	40	164.5	187.5	78	40	56.8	30	34	45	5.4	15.4	55	G1/8	40	2.3	33.5
PAW2000-02	Rc1/4	38	172		71	38		26	27	40	4.5			Rc1/8			
AW3000-02/03	G1/4，G3/8	53	211	248.5	92.5	53	60.8	41	40	46	6.5	8	53	G1/8	56	2.3	42.5
PAW3000-03	Rc3/8	53	215		88	53		41	40	36	6.5			Rc1/8			
AW4000-03/04	G3/8，G1/2	70	262.5	300	112	70	70.5	50	54	54	8.5	10.5	70	G1/4	73	2.3	52.5
PAW4000-04	Rc1/2	70	266		112	70		50	54	54	8.5			Rc1/8			
AW4000-06	G3/4	75	267	304	114	70	70.5	50	54	56	8.5	10.5	70	G1/4	73	2.3	52.5

1.1.3　单向压力顺序阀

1）工作原理。单向压力顺序阀由顺序阀和单向阀组合而成。见表 23.5-14 附图，当输入压缩空气，作用在主阀 2 的力小于弹簧 1 的作用力时，阀关闭；如其压力大于弹簧力时，主阀 2 开启，P→A 通。调节弹簧预压缩量可控制输出压力的大小。气流由 A→P 单向阀 3 打开，顺序阀仍关闭。

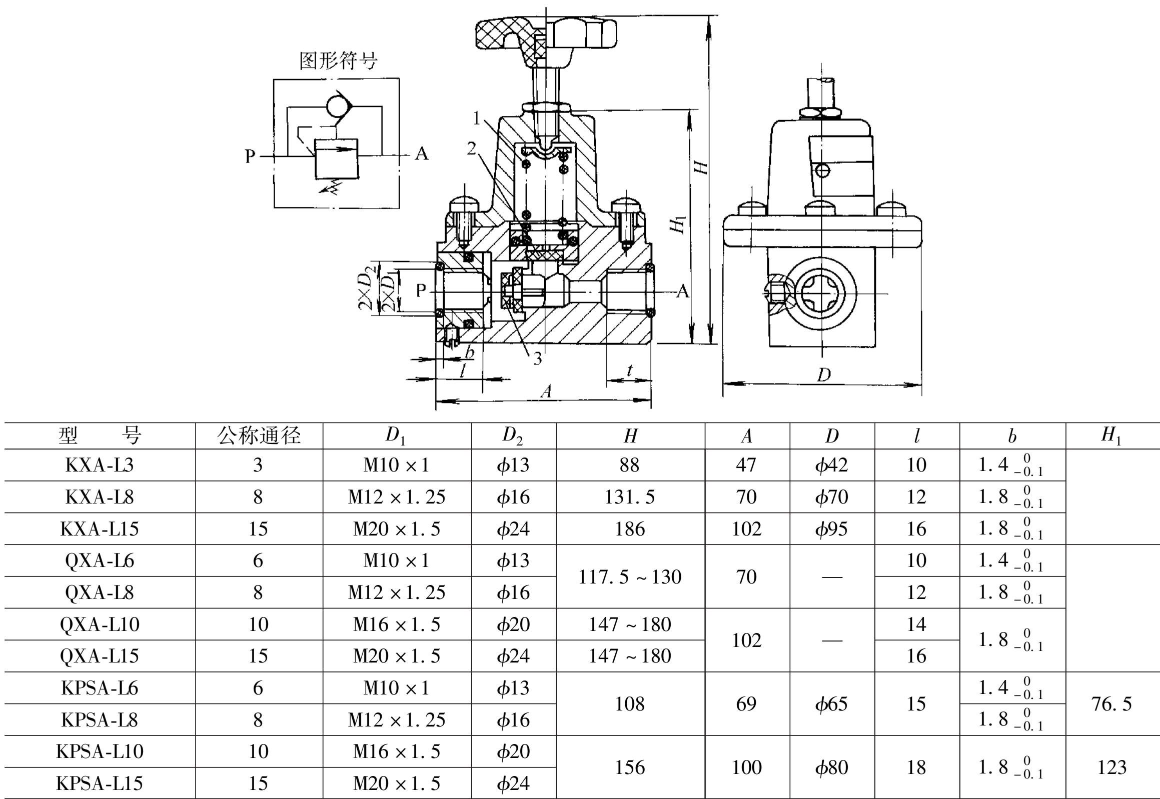
2）技术规格(见表 23.5-13)。

3）外形尺寸(见表 23.5-14)。

表 23.5-13　单向压力顺序阀技术规格

通径/mm	3	8	15	通径/mm		3	8	15
工作介质	干燥空气，过滤精度≥40~60μm			调压特性	调压范围/MPa	(0.1~0.7)±0.03		
					调压精度 δ_p(%)	≤20		
环境温度/℃	-5~50			开启压力(单向阀部分)/MPa		≤0.03		≤0.02
工作压力范围/MPa	0.1~0.8			换向时间/ms		≤30		
额定流量/$m^3 \cdot h^{-1}$	0.7	5	10	泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$		≤10		≤25
有效截面积 S 值/mm^2	>3	>20	>16	耐久性/万次		≥150		
额定流量下的压降/MPa	≤0.025	<0.02	≤0.012					

表 23.5-14　单向压力顺序阀外形尺寸　（mm）



型　号	公称通径	D_1	D_2	H	A	D	l	b	H_1
KXA-L3	3	M10×1	ϕ13	88	47	ϕ42	10	$1.4_{-0.1}^{0}$	
KXA-L8	8	M12×1.25	ϕ16	131.5	70	ϕ70	12	$1.8_{-0.1}^{0}$	
KXA-L15	15	M20×1.5	ϕ24	186	102	ϕ95	16	$1.8_{-0.1}^{0}$	
QXA-L6	6	M10×1	ϕ13	117.5～130	70	—	10	$1.4_{-0.1}^{0}$	
QXA-L8	8	M12×1.25	ϕ16				12	$1.8_{-0.1}^{0}$	
QXA-L10	10	M16×1.5	ϕ20	147～180	102	—	14	$1.8_{-0.1}^{0}$	
QXA-L15	15	M20×1.5	ϕ24	147～180			16		
KPSA-L6	6	M10×1	ϕ13	108	69	ϕ65	15	$1.4_{-0.1}^{0}$	76.5
KPSA-L8	8	M12×1.25	ϕ16					$1.8_{-0.1}^{0}$	
KPSA-L10	10	M16×1.5	ϕ20	156	100	ϕ80	18	$1.8_{-0.1}^{0}$	123
KPSA-L15	15	M20×1.5	ϕ24						

生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司（生产 KPSA 系列阀）、济南华能气动元器件公司（生产 KXA 系列阀）、吉林气动元件有限公司生产 QXA 系列阀）。

1.1.4　安全阀

1. Q-L6、QZ-01 型安全阀

1）工作原理，见图 23.5-6。当压力 p 超过调定值时，阀芯（钢球）左移，从阀侧 O 孔排气；当压力 p 低于调定压力时，阀芯（钢球）右移，阀门关闭，安全阀在系统中起过载保护作用。

2）技术规格（见表 23.5-15）。

3）外形尺寸，见图 23.5-6，上海国逸气动成套厂产品的连接螺纹为米制。

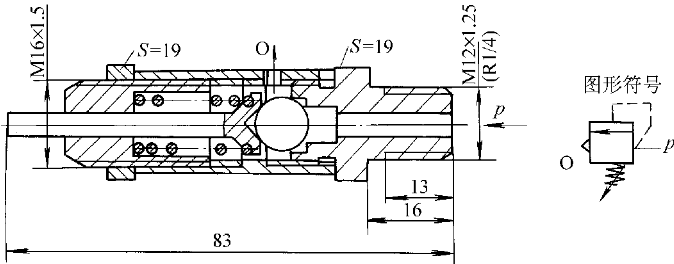


图 23.5-6　Q-L6、QZ-01 型安全阀工作原理与外形尺寸图

表 23.5-15　Q-L6、QZ-01 型安全阀技术规格

型　号	接管螺纹	介质环境温度/℃	过滤精度/μm	溢流压力/MPa	泄漏量/$cm^3\cdot min^{-1}$
Q-L6	NPT1/4	−40～+60	≥50	0.2～0.8	≤150
QZ-01	M12×1.25				≤50

生产单位：山东威海气动元件有限公司（生产 Q-L6 产品），上海气动成套厂（生产 QZ-01 产品）。

2. PQ 系列与 D559B-8M 型安全阀

1）工作原理，与图 23.5-6 所示安全阀工作原理相同。

2）技术规格（见表 23.5-16）。

3）外形尺寸（见表 23.5-17）。

3. PQW 系列安全阀

1）工作原理，与图 23.5-6 所示安全阀工作原理相同。

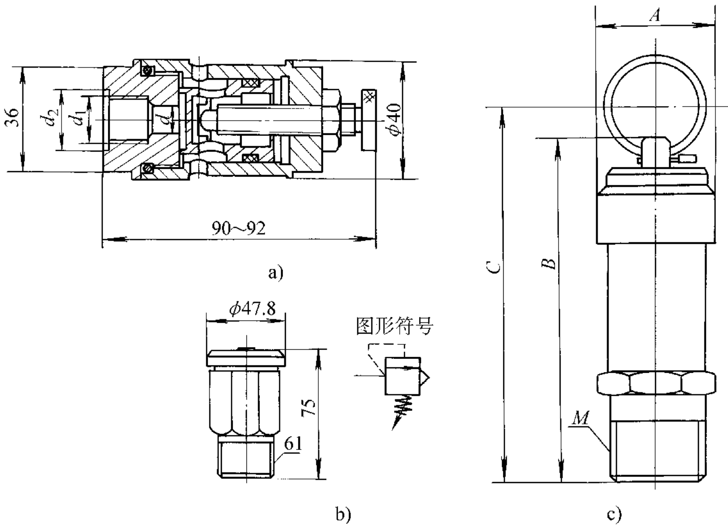
2）技术规格（见表 23.5-18）。

3）外形尺寸（见图 23.5-7）。

表 23.5-16　PQ 系列与 D559B-8M 型安全阀技术规格

连接螺纹	内连接螺纹			外连接螺纹					
型号	PQ-L10	PQ-L10	PQ-L15	PQ-L10	PQ-L15	PQ-L20	PQ-L25	D559B-8M	PQ-L40
公称通径/mm	10	10	15	10	15	20	25	25	40
工作介质	经过滤的压缩空气								
工作压力范围/MPa	0.04～0.1	0.7～1	0.3～0.7	0.05～1.0					
介质环境温度/℃	5～50			5～60					
有效截面积/mm²	≥40	≥40	≥60	≥40	≥60	≥110	≥190		≥400
关闭压力/MPa	≤0.01								
泄漏量 /cm³·min⁻¹	≤25								
耐久性/万次	≥150								
生产单位	济南华能气动元器件公司、烟台未来自动装备有限公司			山东威海自动元件有限公司					

表 23.5-17　PQ 系列及 D559B-8M 型安全阀外形尺寸　（mm）



a）内连接螺纹　b）外连接螺纹　c）外连接螺纹

PQ-L10、PQ-L15　D559B-8M　PQ-L10～PQ-L40

连接螺纹	内　螺　纹		外　　螺　　纹					
型　　号	PQ-L10	PQ-L15		PQ-L10	PQ-L15	PQ-L20	PQ-L25	PQ-L40
d	10	15	M	ZG3/8 ZG1/2	ZG1/2 ZG3/4	ZG3/4	ZG1	ZG1½
d_1	M16×1.5	M20×1.5	A	$\phi25$	$\phi27$	$\phi45$		$\phi80$
d_2	$\phi20$	$\phi24$	B	75		130		287
			C	82		135		300

表 23.5-18　PQW 型安全阀技术规格

型　　号	连接螺纹	公称压力/MPa	开启压力/MPa	溢流重复精度/MPa
PQW-Ⅰ	M22×1.5	1.0	0.1～0.6	±0.01
PQW-Ⅱ			0.9	

生产单位：重庆嘉陵气动元件厂。表中 ZG 在新标准中应为 NPT。

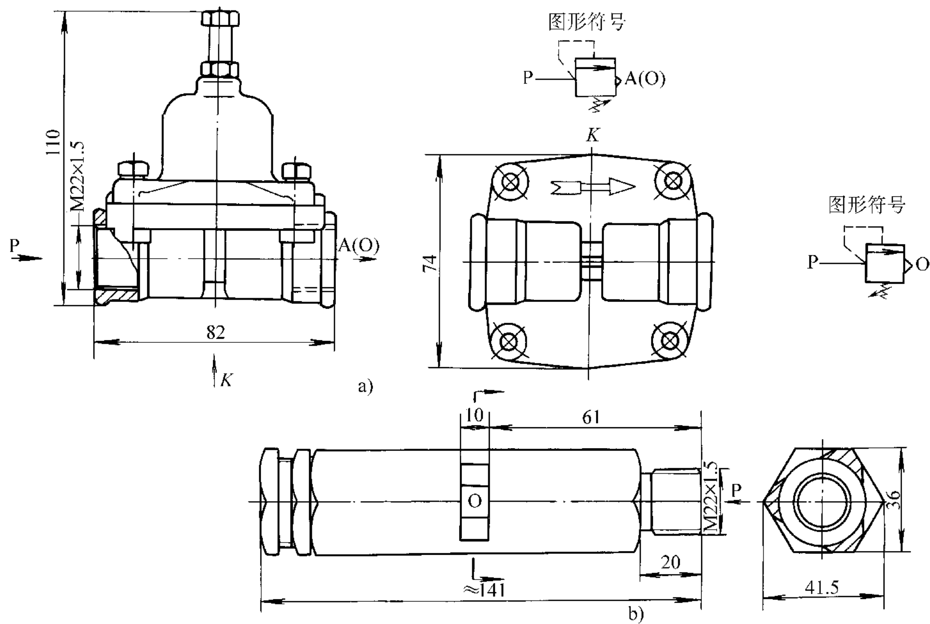


图 23.5-7　PQW 系列安全阀外形尺寸
a）PQW-Ⅰ型安全阀　b）PQW-Ⅱ型安全阀

1.2　方向控制阀

1.2.1　电磁换向阀

1. SRS 系列二位三通低功率电磁先导阀

1）工作原理。如图 23.5-8 所示常闭型电磁阀，该系列阀是靠通电时电磁线圈 3 产生的电磁力，因静铁心 2 吸引动铁心 4 上移使 P 与 A 气路接通；电磁线圈断电时因弹簧力的作用，动铁心下移使 P、A 气路断开。

2）技术规格(见表 23.5-19)。

3）外形尺寸(见图 23.5-9)。

2. Q23DI 系列二位三通电磁先导阀

1）工作原理与图 23.5-8 所示电磁先导阀的工作原理相似。

2）技术规格(见表 23.5-20)。

3）外形尺寸(见表 23.5-21)。

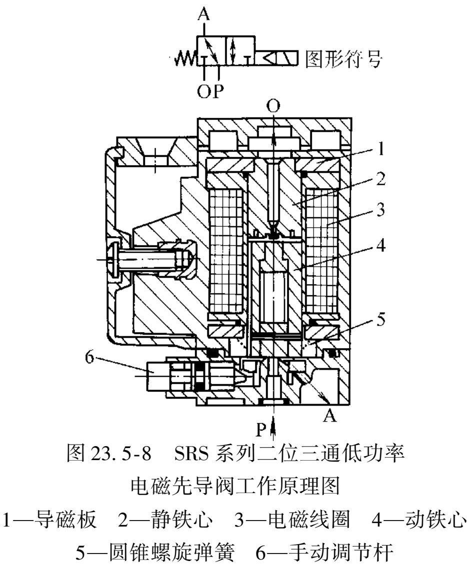


图 23.5-8　SRS 系列二位三通低功率电磁先导阀工作原理图
1—导磁板　2—静铁心　3—电磁线圈　4—动铁心
5—圆锥螺旋弹簧　6—手动调节杆

表 23.5-19　SRS1、SRS2 二位三通低功率电磁先导阀技术规格

<table>
<tr><th>型号</th><th>公称通径
/mm</th><th>压力范围
/MPa</th><th>行程
/mm</th><th>电压及代号
/V</th><th>功率
/W</th><th>温升
/℃</th><th>接线方式及代号</th></tr>
<tr><td>SRS1</td><td>0.8</td><td>0.1～0.7</td><td>0.7</td><td rowspan="2">1. AC100(50/60Hz)
2. AC200(50/60Hz)
3. AC24(50/60Hz)
4. AC110(50/60Hz)
5. AC220(50/60Hz)
6. DC12
7. DC48
8. DC24
9. DC100
S　特殊电压</td><td>1.8～2.0</td><td>≤80</td><td>R—直接引线式
D—DIN 基本型
DK—DIN 带保护电路
DW—DIN 带保护电路和指示灯
P—P 基本型
PK—P 型带保护电路
PW—P 型带保护电路和指示灯
Q—Q 基本型
QK—Q 型带保护电路
QW—Q 型带保护电路和指示灯</td></tr>
<tr><td>SRS2</td><td>1.0</td><td>0.1～0.7</td><td>0.5</td><td>1.6～2.5</td><td>≤80</td><td>R、D、DK、DW 接线方式同 SRS1 先导阀
DL—DIN 带指示灯
T—螺钉基本型
TL—螺钉接线式带指示灯
TK—螺钉接线式带保护电路
TW—螺钉接线式带保护电路和指示灯</td></tr>
</table>

生产单位：济南华能气动元器件公司。

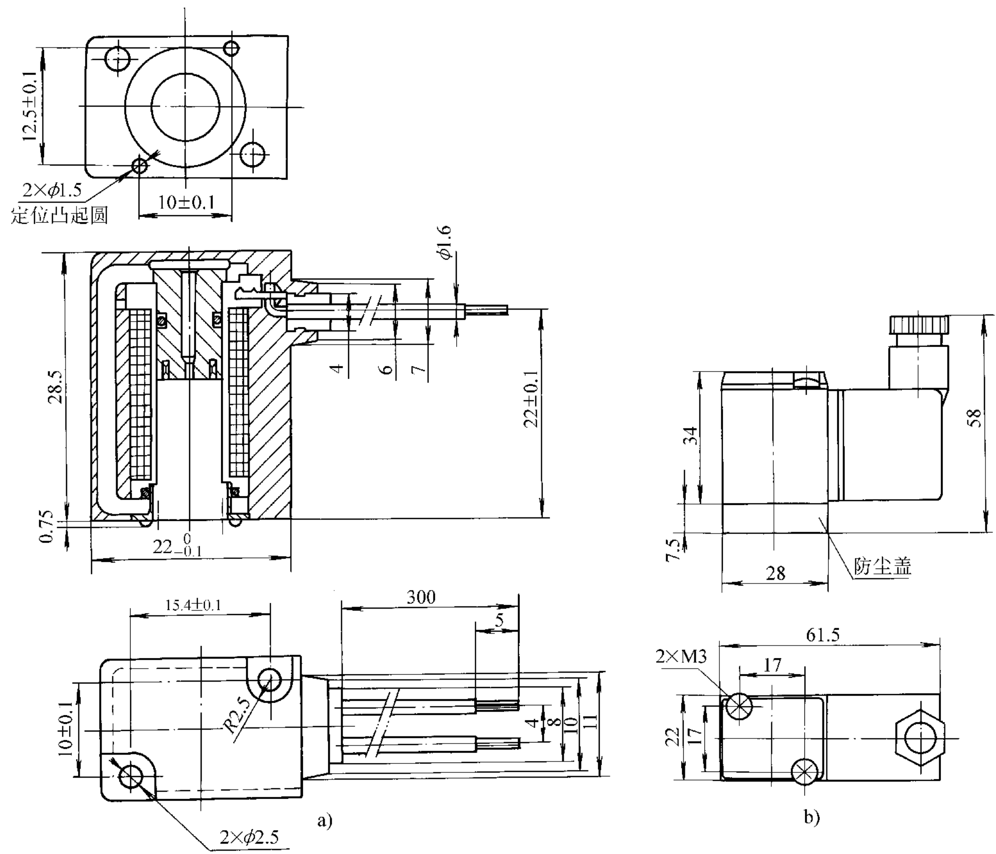


图 23.5-9　SRS 系列二位三通低功率电磁先导阀外形尺寸

a）SRS1 电磁先导阀　b）SRS2 电磁先导阀

表 23.5-20 Q23DI 系列二位三通电磁先导阀技术规格

公称通径/mm		1.2		2		3	
工作介质		净化的压缩空气					
工作压力范围/MPa		0~0.8					
环境介质温度/℃		-10~50(但不结冰)					
有效截面积/mm^2		≥0.5		≥1.6		≥3	
AC	① 额定电压/V	220	36	220	36	220	36
	额定电压下电流/mA	≤60	≤280	≤75	≤280	≤130	≤500
DC	① 额定电压/V	24	12	24	12	24	12
	额定电压下电流/mA	≤280	≤600	≤300	≤600	≤400	≤800
允许电压波动(%)		-15~+10					
换向时间/s		≤0.03					
绝缘电阻/MΩ		≥1.5					
最高换向频率/Hz		≥16					

① 除上述电压可选用外，还可选用 AC：127V、110V、24V；DC：48V、36V、5V。

注：1. 生产单位：广东肇庆方大气动有限公司。

2. 型号意义：

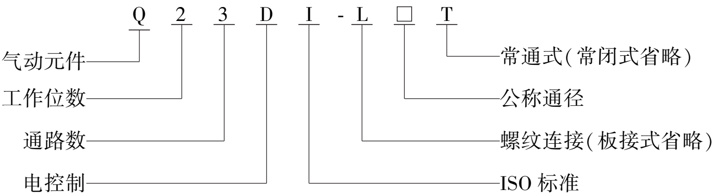
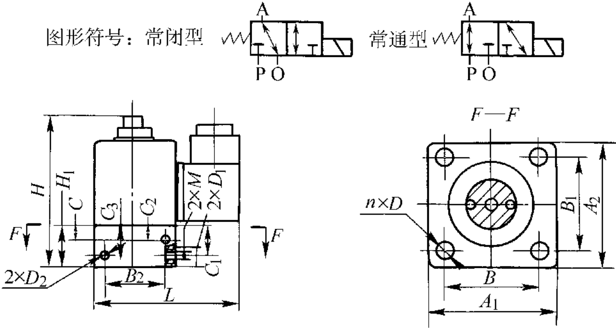


表 23.5-21 Q23DI 系列二位三通电磁先导阀外形尺寸 (mm)



（续）

代　　号		公称通径	M	D_1	A_1	A_2	B	B_1	B_2	H	H_1	L	C	C_1	C_2	C_3	$n \times D$	D_2
阀底部板接	Q23DI-1.2	1.2			27	32	16	22		62.5	16	65					2×ϕ4.5	
	Q23DI-1.2T	1.2			27	32	16	22		74	13	65					2×ϕ4.5	
	Q23DI-2	2			35	38	21	28		74	18	70					4×ϕ4.5	
	Q23DI-2T	2			35	38	21	28		93	16	70					4×ϕ4.5	
	Q23DI-3	3			48	48	38	38		90	24	80					4×ϕ4.5	
	Q23DI-3T	3			48	48	38	38		104	20	80					4×ϕ4.5	
阀侧面接管	Q23DI-L1.2	1.2	M5	ϕ8.5	32	32	22	22	22	62.5	19	65	8	13	6.5	14	2×ϕ4.5	ϕ4.5
	Q23DI-L1.2T	1.2	M5	ϕ8.5	32	32	22	22	22	78	17	65	10	10	11	11	2×ϕ4.5	ϕ4.5
	Q23DI-L2	2	M5	ϕ8.5	38	38	28	28	28	77	21	70	9.5	15	9	16	4×ϕ4.5	ϕ4.5
	Q23DI-L2T	2	M5	ϕ8.5	38	38	28	28	28	96	19	70	13	13	14	14	4×ϕ4.5	ϕ4.5
	Q23DI-L3	3	M10×1	ϕ14	48	38	38	38	38	96	30	80	15	21	11	25	4×ϕ4.5	ϕ4.5
	Q23DI-L3T	3	M10×1	ϕ14	48	38	38	38	38	112	28	80	19	19	19	19	4×ϕ4.5	ϕ4.5

3. K23D 系列二位三通电磁先导阀

1）工作原理与图 23.5-8 原理相同。

2）技术规格(见表 23.5-22)。

3）外形尺寸(见表 23.5-23)。

表 23.5-22　K23D 系列二位三通电磁先导阀技术规格

公称通径/mm	1.2	2	3	换向频率/Hz		≥17
有效截面积/mm²	0.8	2	4	泄漏量/cm³·min⁻¹		≤10
工作压力/MPa	0~0.8			寿命/万次		>500
耐压/MPa	1.2			电压等级	AC/V	380、220、110、36、24
换向时间/s	≤0.03				DC/V	220、110、48、36、24、12

注：1. 生产单位：无锡市华通气动制造有限公司。

2. 型号意义：

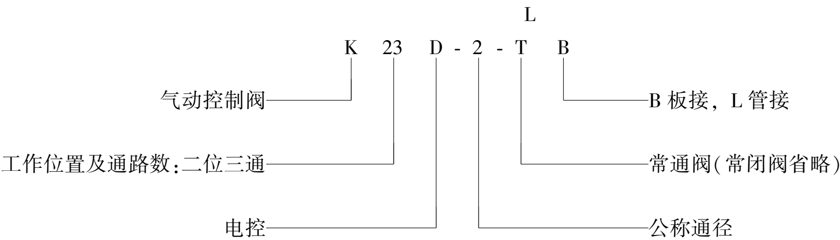
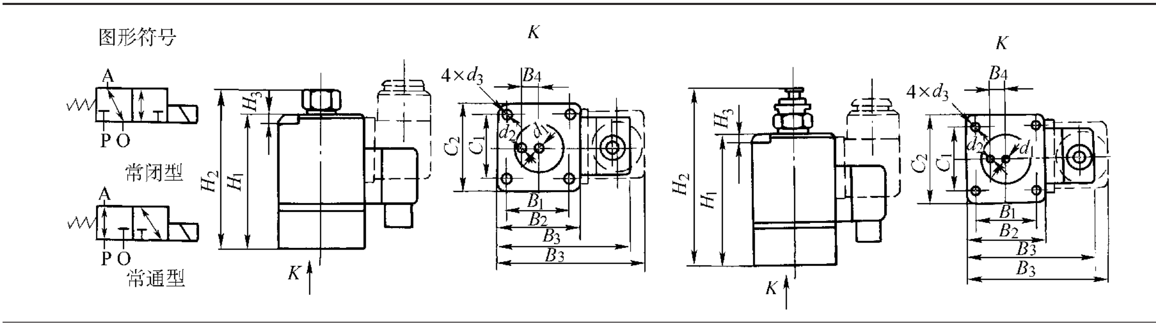


表 23.5-23　K23D 系列二位三通电磁先导阀外形尺寸　（mm）



（续）

型　号	H_1	H_2	H_3	C_1	C_2	B_1	B_2	B_3	B_4	d_1	d_2	d_3
K23D-1.2-B	51(50)	61.5(70)	4	24	32	24	32	55	5.5	1.2	1.5	4
K23D-2-B	62(58)	76(89)	3.2	30	40	30	40	64	8	2	2.5	5
K23Db-2-B	66(62)	80(93)		30	40	30	40	71	8	2	2.5	5
K23D-3-B	73(65)	86(99)	5	38	50	38	50	72.5	8	3	3.5	5
K23D-1.2-L	58(57)	68.5(77)	4	24	32	24	32	55	接管螺纹	M8×1		4
K23D-2-L	70(69)	84(100)	3.2	30	40	30	40	64		M10×1		
K23Db-2-L	74(73)	89(104)		30	40	30	40	71				
K23D-3-L	79(73.5)	92(107)	5	38	50	38	50	72.5				

注：括号内为常通阀尺寸。

4. PC系列二位二通、三通直动式电磁阀

1）工作原理，见图23.5-10。该系列阀是由电磁铁2直接带动阀芯1使阀的气路通断或换向的。

2）技术规格(见表23.5-24)。

3）外形尺寸(见图23.5-11)。

5. PQF系列二位二通直动式高频电磁换向阀

1）工作原理与图23.5-8的原理相类似。

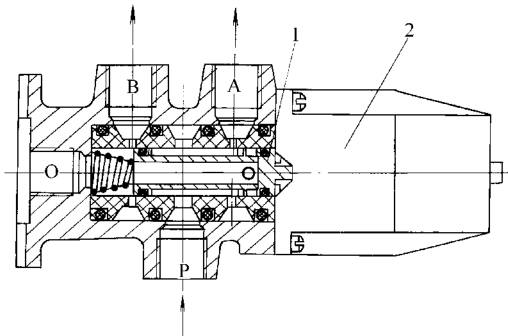


图23.5-10 PC系列二位二通、三通阀工作原理图
1—阀芯 2—电磁铁

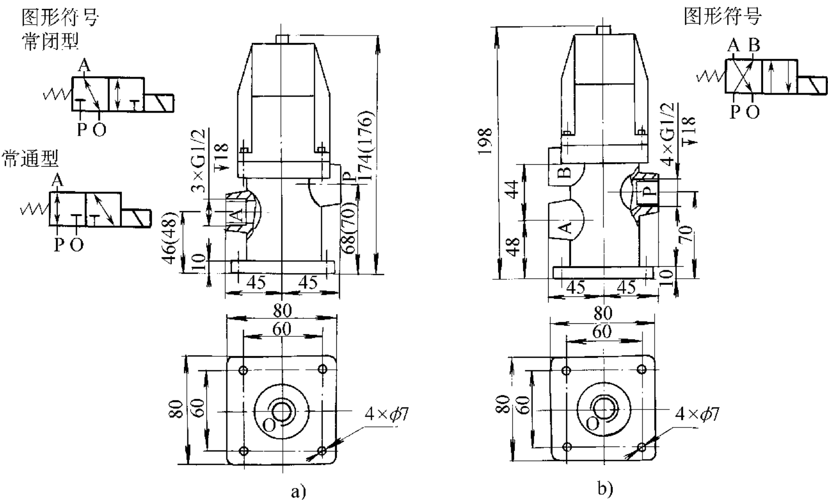


图23.5-11 PC系列二位三通、二位四通直动式电磁阀外形尺寸
a）二位三通 b）二位四通

表 23.5-24　PC 系列二位三通、二位四通直动式电磁阀技术规格

型　　号		通径/mm	接管口径	工作介质	工作压力/MPa	额定流量/$m^3 \cdot h^{-1}$	最高换向频率/Hz	允许泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	工作电压/V
二位三通	PC23-1/2 PC23-1/2T	15	G1/2	洁净压缩空气	0～0.8	10	≥4	≤100	AC：380、220、127、110
二位四通	PC24-1/2								

生产单位：无锡市华通气动制造有限公司。

2）技术规格（见表 23.5-25）。

3）外形尺寸（见表 23.5-26）。

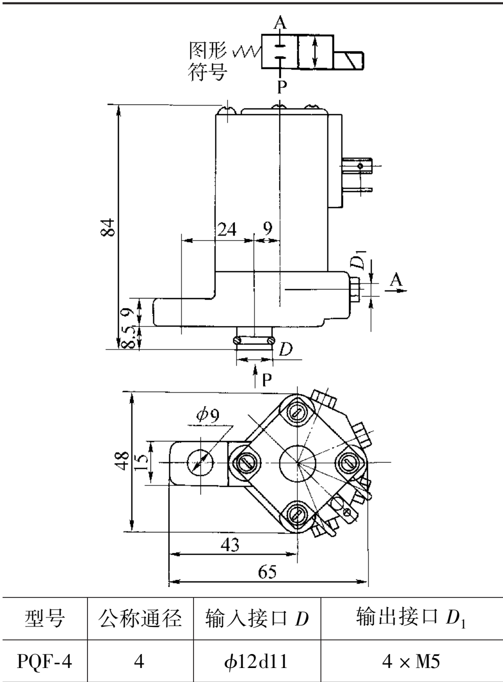
表 23.5-25　PQF 系列二位二通直动式高频电磁换向阀主要技术规格

型号	工作温度/℃	工作压力/MPa	流量/$m^3 \cdot h^{-1}$	泄漏量/$mL \cdot min^{-1}$	换向频率/Hz	工作电压/V	耐久性/亿次
PQF-4	5～50	0～0.7	5	50	≥20	DC24	3
PQF-6			10	50	≥20		3
PQF-10			40	100	≥30		3

生产单位：无锡市华通气动制造有限公司。

表 23.5-26　PQF 系列直动式二位二通高频电磁换向阀外形尺寸

（mm）



型号	公称通径	输入接口 D	输出接口 D_1
PQF-4	4	ϕ12d11	4×M5
PQF-6	6	ϕ12d11	2×M5、2-M10×1
PQF-10	10	G3/8	G3/8

6. Q22D 系列二位二通先导截止式、膜片式电磁换向阀

1）工作原理（见图 23.5-12a），电磁先导阀 1 断电时，主阀靠气压及膜片 3 的弹力压紧在阀体 4 上，A 口无输出；当先导阀 1 通电时，打开控制气路，膜片上移，P→A 气口接通，主阀有输出。见图 23.5-12b，当电磁先导阀 1 断电时，主阀芯 4 靠弹簧力和气压力压在阀座 5 上，A 口无输出；当先导阀 1 通电时活塞 2 上端因气压作用，阀芯 4 下移使 P→A气口接通。

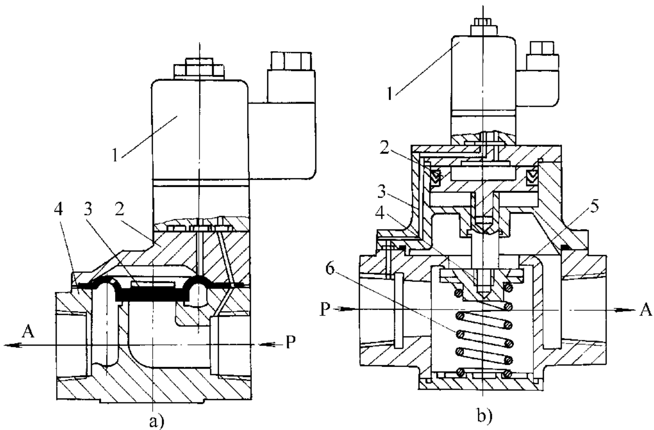


图 23.5-12　Q22D 系列二位二通先导电磁换向阀工作原理图
a）膜片式阀（8～15mm）
1—电磁先导阀　2—阀盖　3—膜片　4—阀体
b）截止式阀（32～50mm）
1—电磁先导阀　2—活塞　3—阀中盖
4—阀芯　5—阀座　6—弹簧

2）技术规格（见表 23.5-27）。

表 23.5-27　Q22D 系列二位二通先导截止式、膜片式电磁换向阀技术规格

公称通径/mm	8	10	15	20	25	32	40	50
工作介质	经除水、过滤、有油雾的干燥空气							
使用温度范围/℃	-5～50							
工作压力范围/MPa	0.08～0.8							
有效截面积/mm^2	≥20	≥40	≥60	≥110	≥190	≥900	≥400	≥650
换向时间/s	≤0.04	≤0.06		≤0.1		≤0.15		≤0.2
工作电压/V	AC：220，50Hz；DC：24							
电压波动范围(%)	-15～+10							

生产单位：广东肇庆方大气动有限公司、重庆嘉陵气动元件厂(生产 K22MD 类似产品)。

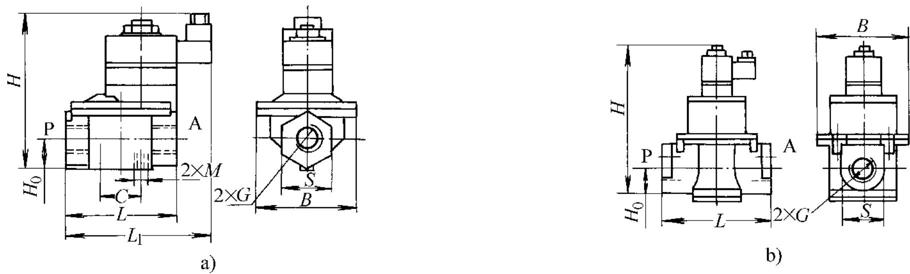
3）外形尺寸(见表 23.5-28)。

7. K22JD-W/K23JD-W 系列二位二通、三通单电控先导截止式电磁换向阀

1）工作原理，与图 23.5-12b 所示阀的工作原理类似。

2）技术规格(见表 23.5-29)。

表 23.5-28　Q22D 系列二位二通单电控先导截止式、膜片式换向阀外形尺寸　(mm)



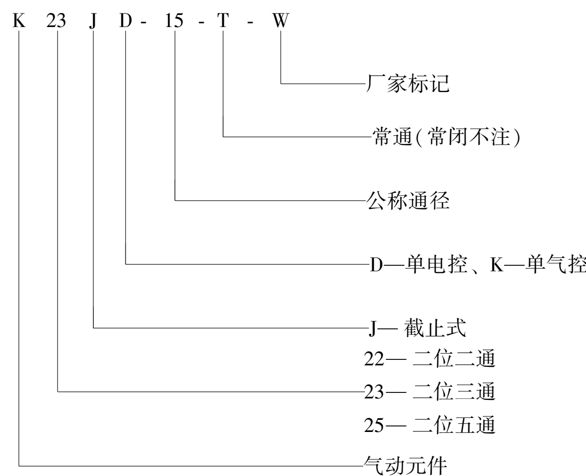
a）8mm、10mm、20mm、25mm 膜片式单电控换向阀　b）32mm、40mm、50mm 截止式单电控换向阀

型　号	结构	通径	G	L	L_1	B	H	H_0	S	M
Q22MD-L8	膜片式	8	ZG¼	48	79	□43×43	104	11	19	
Q22MD-L10		10	ZG⅜	60	93.5	□48×48	117	17	27	M4
Q22MD-L15		15	ZG½	60	93.5	□48×48	117	17	27	M4
Q22MD-L20		20	ZG¾	95	126	□70×70	137	25	41	M6
Q22MD-L25		25	ZG1	95	126	□70×70	137	25	41	M6
Q22JD-L32	截止式	32	ZG1¼	160		ϕ124	221.5	48	65	
Q22JD-L40		40	ZG1½	160		ϕ124	221.5	48	65	
Q22JD-L50		50	ZG2	190		ϕ145	266	62	78	

表 23.5-29　K$_{23}^{22}$JD、K$_{23}^{22}$JK、K25$_{JK}^{JD}$系列二位二通、三通、五通先导式电控阀与气控阀的主要技术规格

通径/mm	8	10	15	20	25	32	40
流量/$m^3 \cdot h^{-1}$	5	7	10	20	30	40	50
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	≤50	≤100		≤200		≤300	
换向时间/s	≤0.04	≤0.06		≤0.10		≤0.15	
切换频率/Hz	≥10	≥8		≥4		≥3	
耐久性/万次	≥200	≥150					
工作压力/MPa	0.2～0.8						
电压/V	AC：380、220、110、36；DC：220、110、24						

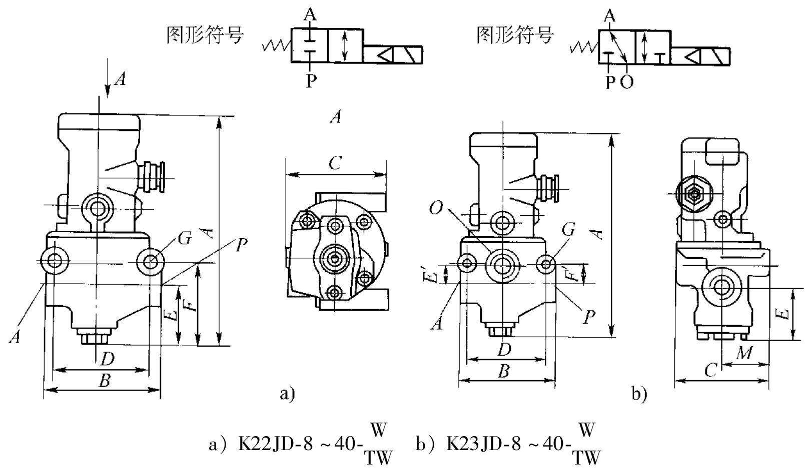
注：1. 生产单位：无锡市华通气动制造有限公司。
　　2. 型号意义：



3）外形尺寸(见表 23.5-30)。

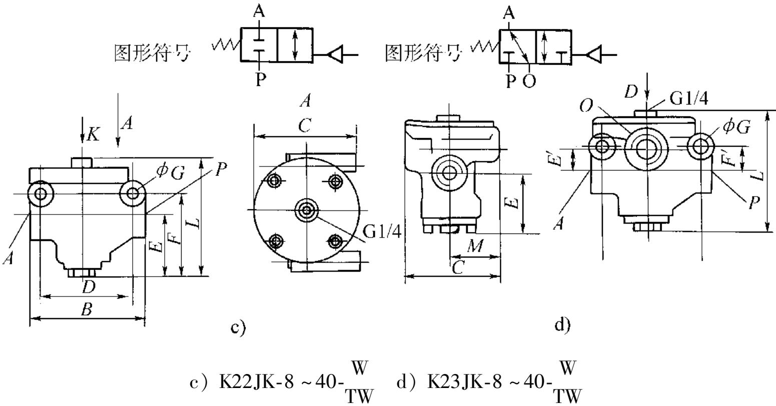
表 23.5-30　K$_{23}^{22}$JD、K$_{23}^{22}$JK 系列二位二通、三通先导截止式电控阀与气控阀的外形尺寸

（mm）



a）K22JD-8～40-$\frac{W}{TW}$　b）K23JD-8～40-$\frac{W}{TW}$

（续）



c）K22JK-8～40-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$　d）K23JK-8～40-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$

型号		公称通径	接管螺纹（英制）	接管螺纹（米制）	A	B	C	D	E	E′	F	F′	G	M	L
K22J※-8-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	K23J※-8-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	8	G1/4	M12×1.5	163（180）	96（96）	78（78）	73（73）	38（45）	(16.5)	55	（17）	ϕ9（ϕ9）	(39)	84（85）
K22J※-10-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	K23J※-10-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	10	G3/8	M16×1.5											
K22J※-15-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	K23J※-15-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	15	G1/2	M20×1.5											
K22J※-20-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	K23J※-20-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	20	G3/4	M27×2	175（175）	113（113）	78（89）	82（82）	52（52）	（21）	80	（24）	ϕ9（ϕ9）	（38）	96（105）
K22J※-25-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	K23J※-25-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	25	G1	M33×2											
K22J※-32-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	K23J※-32-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	32	G1¼	M42×2	240（268）	165（165）	91（121）	118（118）	75（75）	（46）	112	（37）	ϕ13（ϕ13）	（46）	152（170）
K22J※-40-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	K23J※-40-$\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{TW}}$	40	G1½	M46×2											

注：1. ※号为单电控D和单气控K的简写代号。
　　2. 括号中的数值为二位三通单电控、单气控阀的尺寸。

8. K23JD系列二位三通单电控先导截止式换向阀

1）工作原理，与图23.5-12b阀原理类似。

2）技术规格(见表23.5-31)。

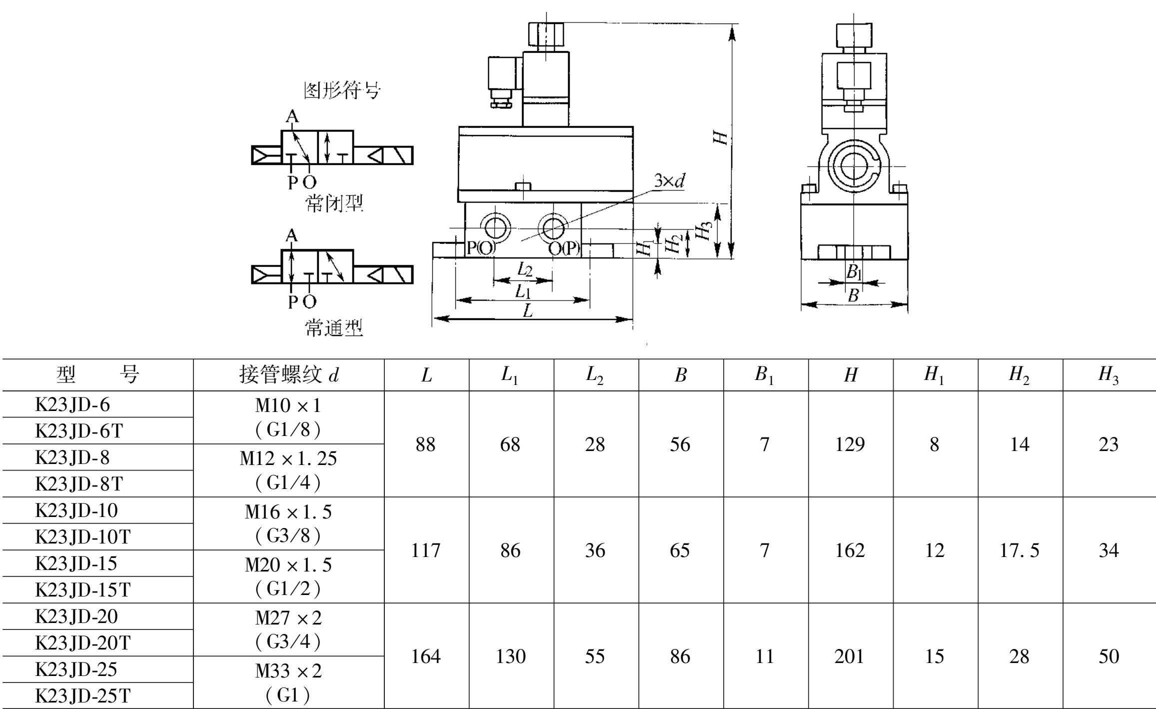
3）外形尺寸(见表23.5-32)。

表23.5-31　K23JD系列二位三通单电控先导截止式换向阀技术规格

公称通径/mm		6	8	10	15	20	25
工作介质		压缩空气					
工作压力范围/MPa		0.2～0.8					
介质环境温度/℃		5～50					
换向频率/Hz		6		4		2	
有效截面积/mm^2		≥10	≥20	≥40	≥60	≥110	≥190
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$		50		100		200	
工作电压/V		AC：220、36　DC：24、12					
消耗功率	AC/VA	12		15		28	
	DC/W	6		8		10	
在0.5MPa工作压力下最低控制压力/MPa		0.3					
耐久性/万次		≥150					

注：生产单位：烟台未来自动装备有限公司。

表 23.5-32　K23JD 系列二位三通单电控先导截止式阀外形尺寸　（mm）



型　号	接管螺纹 d	L	L_1	L_2	B	B_1	H	H_1	H_2	H_3
K23JD-6	M10×1 (G1/8)	88	68	28	56	7	129	8	14	23
K23JD-6T										
K23JD-8	M12×1.25 (G1/4)									
K23JD-8T										
K23JD-10	M16×1.5 (G3/8)	117	86	36	65	7	162	12	17.5	34
K23JD-10T										
K23JD-15	M20×1.5 (G1/2)									
K23JD-15T										
K23JD-20	M27×2 (G3/4)	164	130	55	86	11	201	15	28	50
K23JD-20T										
K23JD-25	M33×2 (G1)									
K23JD-25T										

9. 23JD 系列二位三通先导截止式单电控换向阀

1）工作原理，与图 23.5-12b 所示阀的工作原理类似。

2）技术规格(见表 23.5-33)。

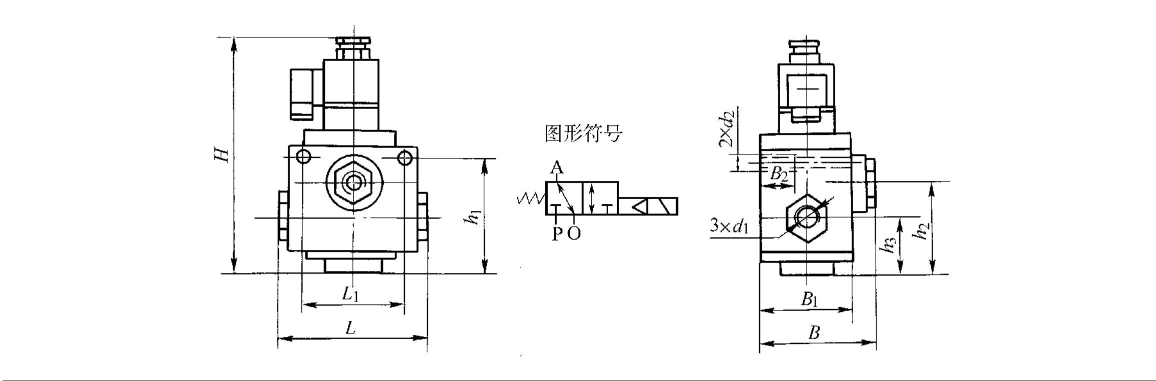
3）外形尺寸(见表 23.5-34)。

表 23.5-33　23JD、23JQ 二位三通先导截止式单电控与单气控截止式换向阀技术规格

型　号		公称通径/mm	环境温度/℃	工作压力/MPa	最低气控压力/MPa	换向时间/s	切换频率/Hz	寿命/万次	泄漏量(标准状态)/L·min^{-1}	有效截面积/mm^2	电源电压/V
23JD-L25	23JQ-L25	25	5~50	0.2~1.0	0.3	0.15	3	150	200	110	DC：24 AC：220
23JD-L32	23JQ-L32	32							300	190	
23JD-L40	23JQ-L40	40				0.2	2	50		300	
23JD-L50	23JQ-L50	50								400	

生产单位：烟台未来自动装备有限公司。

表 23.5-34　23JD 系列二位三通先导截止式单电控阀外形尺寸　（mm）



（续）

型　　号	L	L_1	B	B_1	B_2	d_1	d_2-6H	H	h_1	h_2	h_3
23JD-L25	128	96	106	86	25	G1	M10	222	107	85	51.5
23JD-L32	116		100			G1¼					
23JD-L40	148	112	124	100	25	G1½	M12	248	131	104	66.5
23JD-L50	136		118			G2					

10. QDA 系列二位三通先导式单、双电控换向滑阀

1）工作原理（见图 23.5-13）。双电控阀具有记忆功能，通电时阀芯换向，断电时保持原阀芯位置不变。为保证阀正常工作，两个电磁先导阀不能同时动作。

2）技术规格（见表 23.5-35）。

3）外形尺寸（见表 23.5-36）。

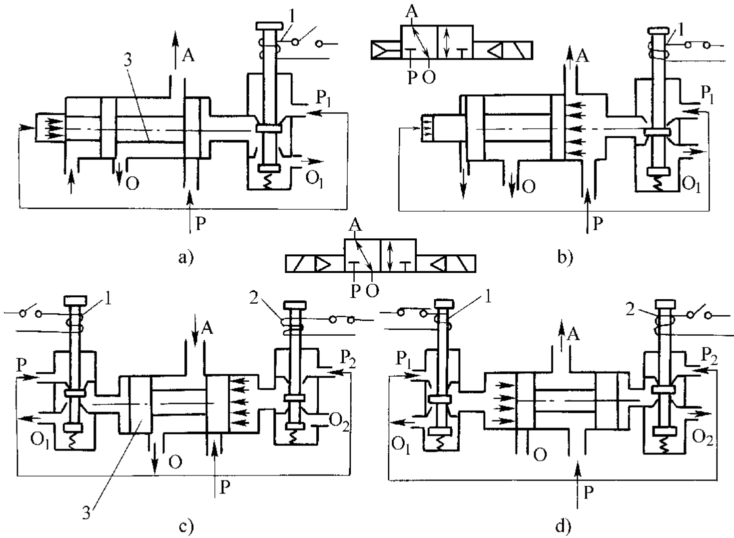


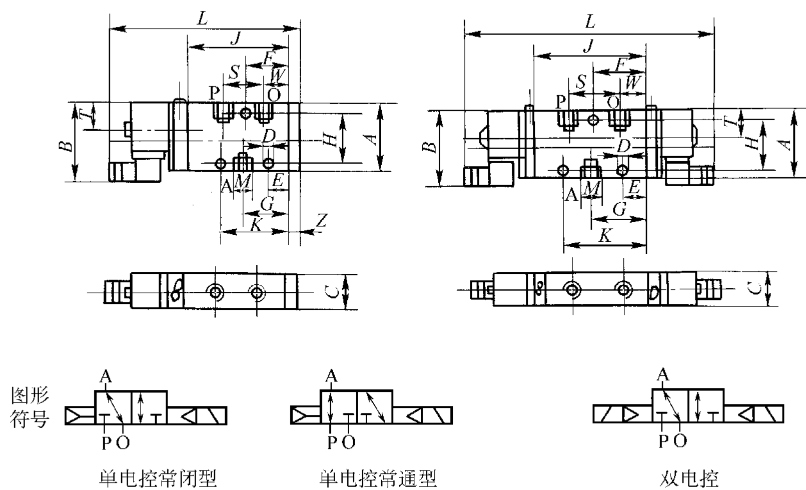
图 23.5-13　QDA 系列二位三通先导式单、双电控换向滑阀工作原理图
a）单电控阀：先导阀 1 断电时状态，P、A 口断开，A 口经 O 口排气
b）单电控阀：先导阀 1 通电时状态，P、A 口接通
c）双电控阀：先导阀 2 通电、1 断电时状态，P、A 口断开
d）双电控阀：先导阀 1 通电、2 断电时状态，P、A 口接通
1、2—电磁先导阀　3—主阀芯

表 23.5-35　QDA 系列二位三通先导式单、双电控换向滑阀技术规格

公称通径/mm		6	12
工作介质、温度范围/℃		净化的压缩空气、-10 ~ +55（但不结冰）	
工作压力范围/MPa		0.2 ~ 1	
有效截面积/mm²		≥10	≥40
换向时间/s		≤0.04	≤0.06
工作电压/V	AC	220、110、48、36、24	
	DC	24　12	
允许电压波动（%）		-15 ~ +10	
消耗功率		AC：15VA　DC：12W	

生产单位：广东肇庆方大气动有限公司。

表 23. 5-36　QDA 系列二位三通先导式单、双电控换向滑阀外形尺寸　（mm）



型号＼代号	*M*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*J*	*K*	*W*	*T*	*S*	*L*	*Z*
Q23DA-L6	ZG¼	55	70	30	ϕ5. 5	16	33	31	41	68	43	20	18. 5	24	143	11
Q23D_2A-L6	ZG¼	55	70	30	ϕ5. 5	22	39	37	41	74	49	26	18. 5	24	202	—
Q23DA-L12	ZG½	65	75	35	ϕ7	18	36	38	46	75	—	19. 5	23. 5	33	150	11
Q23D_2A-L12	ZG½	65	75	35	ϕ7	24	42	44	46	81	—	25. 5	23. 5	33	210	—

11. VP342、PS242 系列二位三通先导式电磁换向阀

1）工作原理，与图 23. 5-13 阀的工作原理类似。

2）技术规格（见表 23. 5-37）。

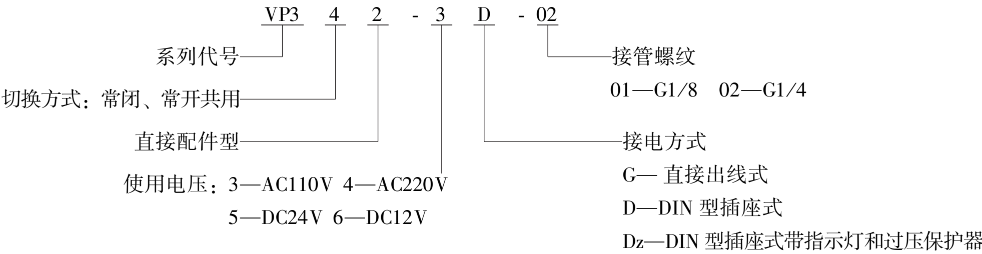
3）外形尺寸（见图 23. 5-14），图中括号内的尺寸为奉化韩海公司的产品尺寸。

表 23. 5-37　VP342、PS242 系列二位三通先导式电磁换向阀技术规格

型　　号	VP342	PS242	型　　号		VP342	PS242
工作介质	经过滤的压缩空气		有效截面积/mm^2（C_v 值）		22（1. 2）	
环境与介质温度/℃	最高 50		功率消耗	AC：VA	AC：启动 8，工作 6	
工作压力范围/MPa	0. 15 ~ 0. 9			DC：W	DC：4. 8（带指示灯）	
接管螺纹	G1/8、G1/4	PT1/4	响应时间/ms		≤30	

注：1. 生产单位：无锡恒立液压气动有限公司（生产 VP342 型产品）奉化韩海机械制造有限公司（生产 PS242 型产品）。

2. 型号意义：



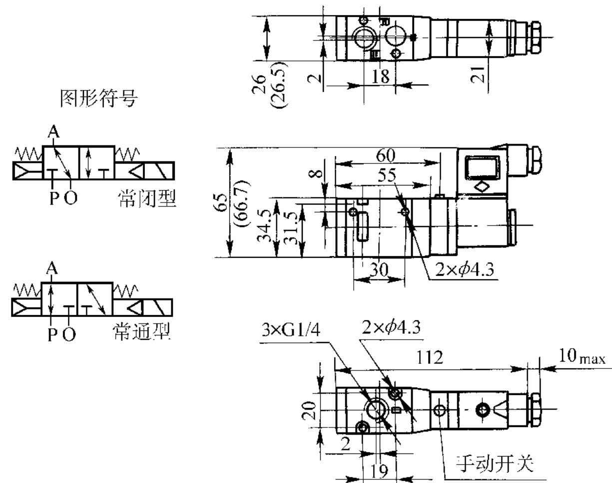


图 23.5-14　VP342、PS242 二位三通先导式电磁换向阀外形尺寸

12. 80200 系列二位三通先导式电磁换向阀

1）工作原理与图 23.5-13 所示换向阀类似。

2）技术规格(见表 23.5-38)。

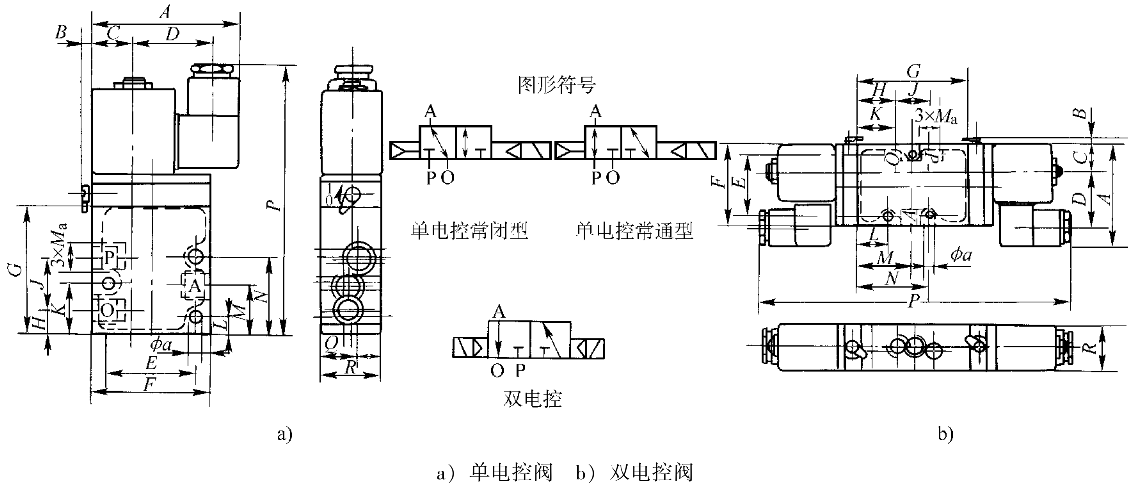
3）外形尺寸(见表 23.5-39)。

表 23.5-38　80200 系列二位三通先导式电磁换向阀技术规格

代号			通径 /mm	接管	配用电磁线圈	工作压力 /MPa	K_V 值 /$m^3 \cdot h^{-1}$	换向时间 /ms	工作电压 /V
单电控常断式	单电控常通式	双电控							
8020750	8022750	8021750	6	G¼	0200 0201 0270 0271	0.20 ~ 1.00	≥1.2 ≥3.0	20 25	AC：220、110、36 DC：110、24
8020850	8022850	8021950	12	G½					

生产单位：无锡市华通气动制造有限公司，重庆嘉陵气动元件厂。烟台未来自动装备有限公司生产通径：4mm、6mm、12mm 类似阀。

表 23.5-39　80200 系列二位三通先导式电磁换向阀外形尺寸　　（mm）



a）单电控阀　b）双电控阀

（续）

型　　号		Ma	φa	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R
8020750	8022750	G1/4	3×φ5.5	68	5	18.5	36	41	55	59	11	24	24.5	7.5	23	34.5	123	5	30
8020850	8022850	G1/2	2×φ7			23.5		46	85	87	29	33	77.5	31.5	50	—	151	—	35
8021750		G1/4	3×φ5.5			18.5		41	55	74	25	24	38.5	21.5	37	48.5	202	5	30
8021950		G1/2	2×φ7			23.5		46	65	83		33	73.5	27.5	44	—	211	—	35

13. K25JD-W、K25JK-W 系列二位五通先导截止式电控阀与气控阀

1）工作原理与图 23.5-12 原理类似。

2）技术规格(见表 23.5-27)。

3）外形尺寸(见表 23.5-40)。

14. QDC 系列二位、三位五通先导式电磁换向阀

1）工作原理。图 23.5-15a 所示为单电控先导式电磁换向阀的工作原理图。当电磁先导阀 1′的线圈断电时，动铁心 2′关闭阀芯 5′右端供气口，1→2 接通，4→5 接通。当线圈 1′通电时，动铁心 2′右移，使阀芯 5′右端供气，阀芯左移，1→4，2→3 接通。

图 23.5-15b 所示为双电控先导式电磁换向阀工作原理图。当右电磁先导阀线圈 1′通电时(线圈 10′断电)，动铁心 2′右移，打开控制活塞 4′右端的进气口使阀芯 6′左移，1→4 接通、2→3 接通排气。当左电磁先导阀的线圈 10′通电时(线圈 1′断电)，动铁心 9′左移，打开左控制活塞 7′左端进气口，使阀芯 6′右移，1→2 接通，4→5 接通排气。左先导阀线圈 10′断电后主阀仍然保持原输出状态。

2）技术规格(见表 23.5-41)。

3）外形尺寸。管接式见表 23.5-42，板接式见表 23.5-43，括号中的尺寸为三位阀的尺寸。

表 23.5-40　K25JD/JK 系列二位五通先导截止式电控阀与气控阀外形尺寸　（mm）

a)　　b)

a）K25JD-8～40W　b）K25JK-8～40W

型　　号	公称通径	接管螺纹		A	B	C	D	E	F	G	H	R	S	X	V	L
		（英制）	（米制）													
K25J※-15W	φ8	G1/4	M12×1.5	180	99	94	45	32	31	φ10	55	44	19	16	28	90
	φ10	G3/8	M16×1.5													
	φ15	G1/2	M20×1.5													

（续）

型　　号	公称通径	接管螺纹		A	B	C	D	E	F	G	H	R	S	X	V	L
		（英制）	（米制）													
K25J※-25W	ϕ20	G3/4	M27×2	222	127	142	52	47	52	ϕ10	78	58	21	19	42	132
	ϕ25	G1	M33×2													
K25J※-40W	ϕ32	G1/4	M42×2	285	155	220	69	55	117	ϕ10	140	80	36	35	52	187
	ϕ40	G1/2	M46×2													

注：1. ※为单电控 D 和单气控 K 的简写代号。

2. 生产单位：无锡市华通气动制造有限公司。

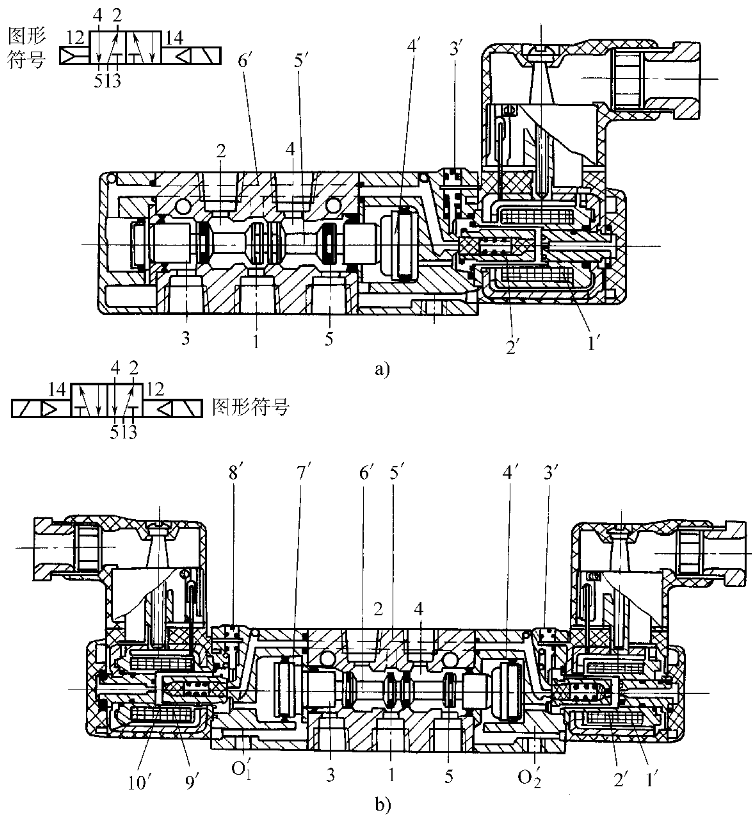


图 23.5-15　QDC 系列先导式电磁换向阀工作原理图

a）二位五通单电控阀

1′—电磁先导阀线圈　2′—动铁心　3′—手动操作按钮　4′—控制活塞　5′—阀芯　6′—阀体

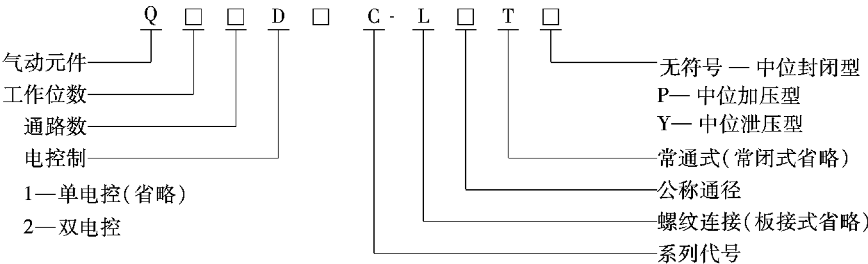
b）二位五通双电控阀

1′、10′—电磁先导阀线圈　2′、9′—动铁心　3′、8′—手动操作按钮　4′、7′—控制活塞　5′—阀体　6′—阀芯

表 23.5-41　QDC 系列二位、三位五通先导式电磁换向阀技术规格

公称通径/mm		3	6	8	10	15	20	25
工作介质		经过滤的压缩空气						
使用温度范围/℃		-10~55(但不结冰)						
有效截面积/mm^2	二位阀	≥3	≥10	≥20	≥40	≥60	≥110	≥190
	三位阀	≥3	≥5	≥10	≥20	≥40	≥60	≥110
工作压力范围/MPa	二位阀	0.15~0.8						
	三位阀	0.25~0.8						
换向时间/s		≤0.03	≤0.04		≤0.06		≤0.10	
润滑		有无油润滑均可						
工作电压/V		AC：220，50Hz　DC：24						
允许电压波动(%)		-15~+10						

注：1. 生产单位：广东肇庆方大气动有限公司。
2. 型号意义：
1）阀型号



2）集装阀型号说明：
为减少管路、节省空间、简化拆装、提高效率，将所需的全部气动换向阀配置在集装板上进行集装。

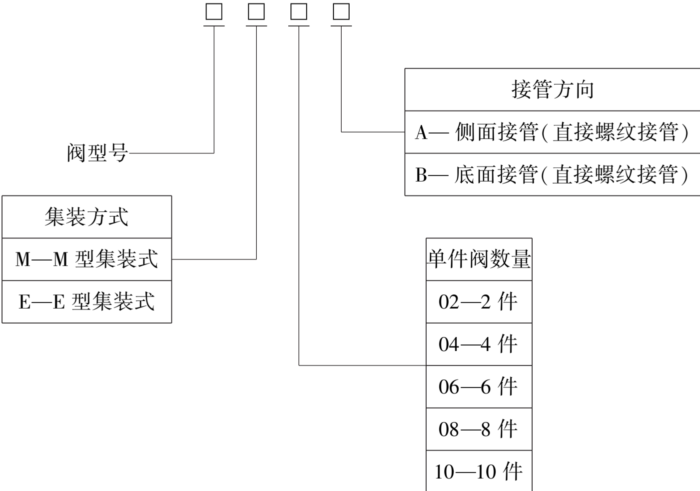
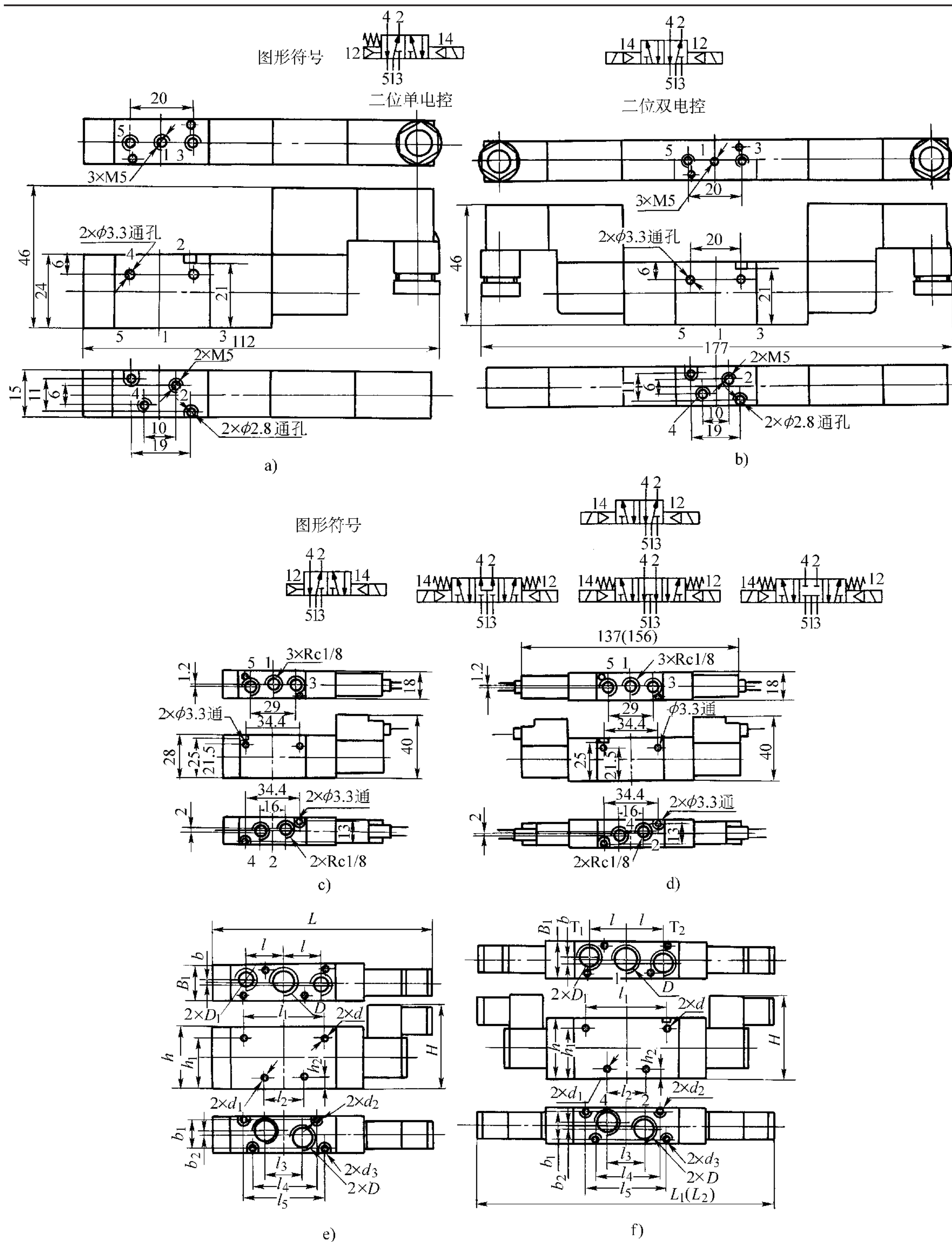


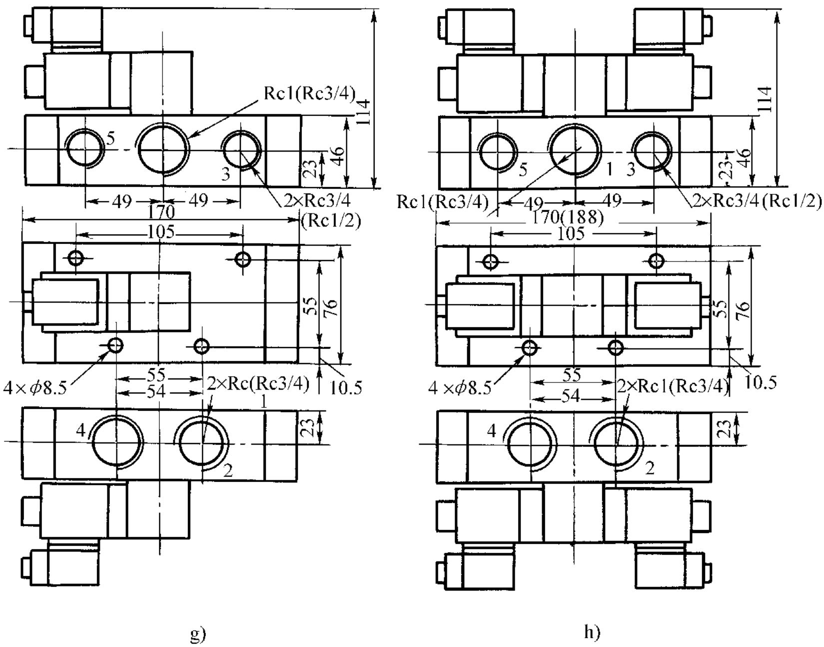
表 23.5-42　QDC 系列管接式二位、三位五通先导式电磁换向阀外形尺寸　（mm）



a）Q25DC-L3　b）Q25D$_2$C-L3　c）Q25DC-L6　d）Q25D$_2$C-L6、Q35D$_2$C-L6

e）Q25DC-L8、Q25DC-L10、Q25DC-L15　f）Q25D$_2$C-L8、Q25D$_2$C-L10、Q25D$_2$C-L15、Q35D$_2$C-L8、Q35D$_2$C-L10、Q35D$_2$C-L15

（续）



g）Q25DC-L20、Q25DC-L25　h）Q25D_2C-L20、Q25D_2C-L25　Q35D_2C-L20、Q35D_2C-L25

型号						D	D_1	L	L_1	L_2	l	l_1	l_2	l_3	l_4
二位单电控	Q25DC-L8	二位双电控	Q25D_2C-L8	三位双电控	Q35D_2C-L8	ZG1/4	ZG1/4	149	212	260	21	0	21	21	0
	Q25DC-L10		Q25D_2C-L10		Q35D_2C-L10	ZG3/8	ZG1/4	159	219	284	25	54	0	26	40
	Q25DC-L15		Q25D_2C-L15		Q35D_2C-L15	ZG1/2	ZG3/8	181	242	306	30	65	32	30	0

型号						l_5	d	d_1	d_2	d_3	B_1	b	b_1	b_2	H	h	h_1	h_2
二位单电控	Q25DC-L8	二位双电控	Q25D_2C-L8	三位双电控	Q35D_2C-L8	40	0		0	ϕ3.3	22	5	17	3	60	35	0	6
	Q25DC-L10		Q25D_2C-L10		Q35D_2C-L10	0	ϕ4.5	0	ϕ4.5	0	28	0	22	4	62	40	33	0
	Q25DC-L15		Q25D_2C-L15		Q35D_2C-L15	65	ϕ4.5	ϕ4.5	0	ϕ4.5	30	4	23	5	67	50	40	8

表 23.5-43　QDC 系列板接式二位、三位五通先导式电磁换向阀外形尺寸　　(mm)

a）Q25DC-6　b）$Q25D_2C$-6、$Q35D_2C$-6　c）Q25DC-8、Q25DC-10、Q25DC-15

d）$Q25D_2C$-8、$Q25D_2C$-10、$Q25D_2C$-15、$Q35D_2C$-8、$Q35D_2C$-10、$Q35D_2C$-15

e）Q25DC-20、Q25DC-25　f）$Q25D_2C$-20、$Q25D_2C$-25、$Q35D_2C$-20、$Q35D_2C$-25

型号						D	L	L_1	L_2	l	l_1	l_2	l_3	d	d_1	B_1	b	H	h	h_1
二位单电控	Q25DC-8	二位双电控	$Q25D_2C$-8	三位双电控	$Q35D_2C$-8	φ7	149	212	260	42	21	0	40	φ3.3	0	22	17	60	35	32
	Q25DC-10		$Q25D_2C$-10		$Q35D_2C$-10	φ8.5	159	219	284	50	25	40	0	0	φ4.5	28	22	62	40	36
	Q25DC-15		$Q25D_2C$-15		$Q35D_2C$-15	φ10.5	181	242	306	60	30	0	65	φ4.5	0	30	23	67	50	46

表 23.5-44　SR 系列二位、三位五通先导式电磁换向阀技术规格

	位数	型号	接管螺纹 P、A、B	接管螺纹 R_1 R_2		位数	型号	接管螺纹 P、A、B	接管螺纹 R_1 R_2	工作介质	环境和介质温度 /℃	工作压力范围① /MPa	有效截面积② /mm^2	换向时间 /s	润滑	消耗功率 /W	重量 /g
管接式	二位单电控	SR530-RN_0	M5×0.8		板接式	二位单电控	SR530-RS_1	ZG1/8		空气	0~50（但不结冰）	0.15~0.7（0.9）	4.5	0.03	有无润滑油均可	2	105(161)
		SR540-RN_1	ZG1/8				SR540-RS_1	ZG1/4					10				155(270)
		SR550-RN_1	ZG1/8				SR550-RS_2	ZG1/4					15				265(400)
		SR551-RN_2	ZG1/4				SR551-RS*	ZG1/4、ZG3/8	ZG3/8				20				310(540)
		SR561-RN_3	ZG3/8	ZG1/2			SR561-RS*	ZG3/8	ZG1/2				35(40)				385(625)
	二位双电控	SR530-DN_0	M5×0.8			二位双电控	SR530-DS_1	ZG1/8				0.1~0.7（0.9）	4.5				171(231)
		SR540-DN_1	ZG1/8				SR540-DS_2	ZG1/4					10				240(358)
		SR550-DN_1	ZG1/8				SR550-DS_2	ZG1/4					15				425(560)
		SR551-DN_2	ZG1/4				SR551-DS*	ZG1/4、ZG3/8	ZG3/8				20				480(700)
		SR561-DN_3	ZG3/8	ZG1/2			SR561-DS*	ZG3/8	ZG1/2				35(40)				545(780)
	三位中封式	SR530-CN_0	M5×0.8			三位中封式	SR530-CS_1	ZG1/8				0.15（0.2）~0.7（0.9）	4.0				145(245)
		SR540-CN_1	ZG1/8				SR540-CS_2	ZG1/4					9				260(380)
		SR550-CN_1	ZG1/8				SR550-CS_2	ZG1/4					13				500(620)
		SR551-CN_2	ZG1/4				SR551-CS*	ZG1/4、ZG3/8、ZG3/8					18				540(780)
		SR561-CN_3	ZG3/8	ZG1/2			SR561-CS*	ZG3/8	ZG1/2				30(35)				600(840)
	三位中泄式	SR530-EN_0	M5×0.8			三位中泄式	SR530-ES_1	ZG1/8					4.0				185(245)
		SR540-EN_1	ZG1/8				SR540-ES_2	ZG1/4					9				260(358)
		SR550-EN_1	ZG1/8				SR550-ES_2	ZG1/4					13				500(620)
		SR551-EN_2	ZG1/4				SR551-ES*	ZG1/4、ZG3/8	ZG3/8				18				540(780)
		SR561-EN_3	ZG3/8	ZG1/2			SR561-ES*	ZG3/8	ZG1/2				30(40)				600(840)

（续）

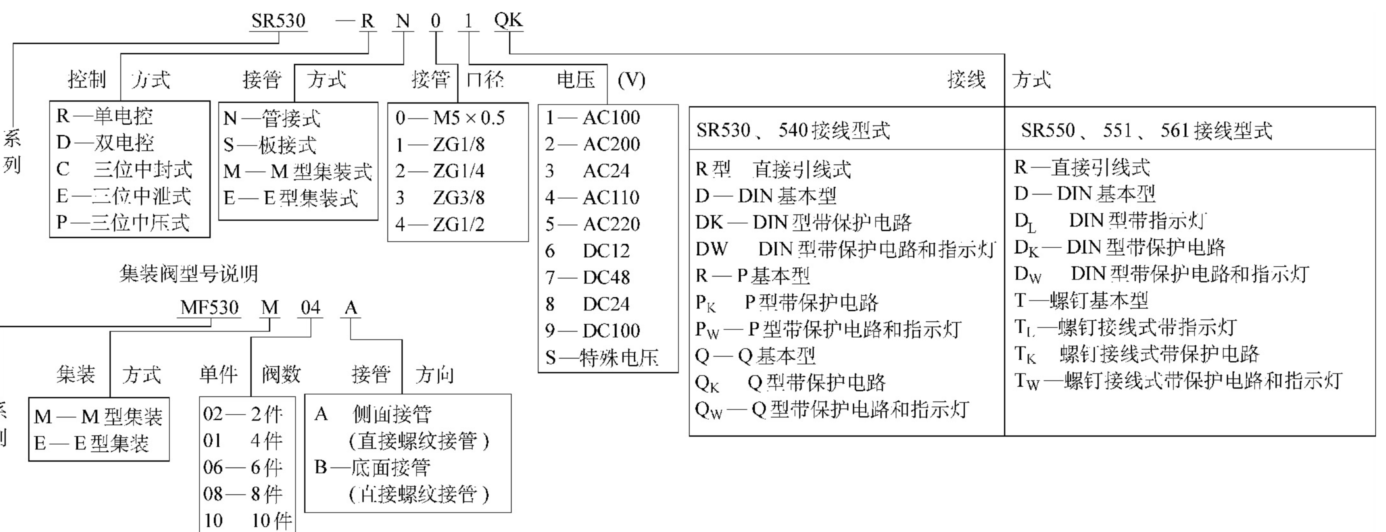
连接方式	位数	型号	接管螺纹 P、A、B	接管螺纹 R_1	接管螺纹 R_2	连接方式	位数	型号	接管螺纹 P、A、B	接管螺纹 R_1	接管螺纹 R_2	工作介质	环境和介质温度/℃	工作压力范围①/MPa	有效截面积②/mm^2	换向时间/s	润滑	消耗功率/W	重量/g
管接式	三位中压式	SR530-PN_0	M5×0.8			板接式	三位中压式	SR530-PS_1	ZG1/8			空气	0~50（但不结冰）	0.15（0.2）~0.7（0.9）	4.0	0.03	有无润滑油均可	2	185（245）
		SR540-PN_1	ZG1/8					SR540-PS_1	ZG1/4						9				260（380）
		SR550-PN_1	ZG1/8					SR550-PS_2	ZG1/4						13				500（620）
		SR551-PN_2	ZG1/4					SR551-PS＊	ZG1/4、ZG3/8	ZG3/8					18				540（780）
		SR561-PN_3	ZG3/8	ZG1/2				SR561-PS＊	ZG3/8	ZG1/2					30（35）				600（840）

① 括号中的值为 SR550、SR551、SR561 系列电磁阀的值。

② 括号中的值为板接式换向阀的值。

注：1. 生产单位：济南华能气动元器件公司。

2. 型号意义：



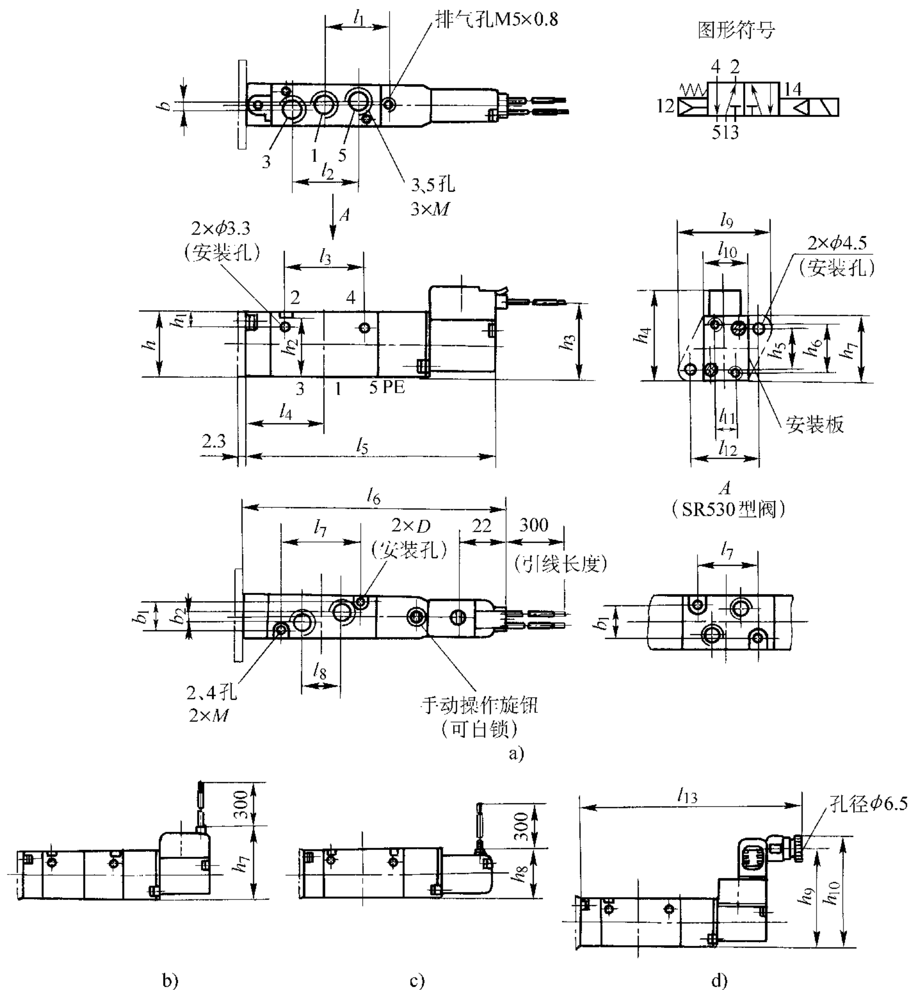
15. SR 系列二位五通先导式电磁换向阀

1）工作原理与图 23.5-15 所示换向阀工作原理相同。

2）技术规格（见表 23.5-44）。

3）外形尺寸。管接式见表 23.5-45 ~ 表 23.5-48，板接式见表 23.5-49 ~ 表 23.5-52。

表 23.5-45　SR530、SR540 管接式二位五通单电控先导式电磁换向阀外形尺寸　（mm）



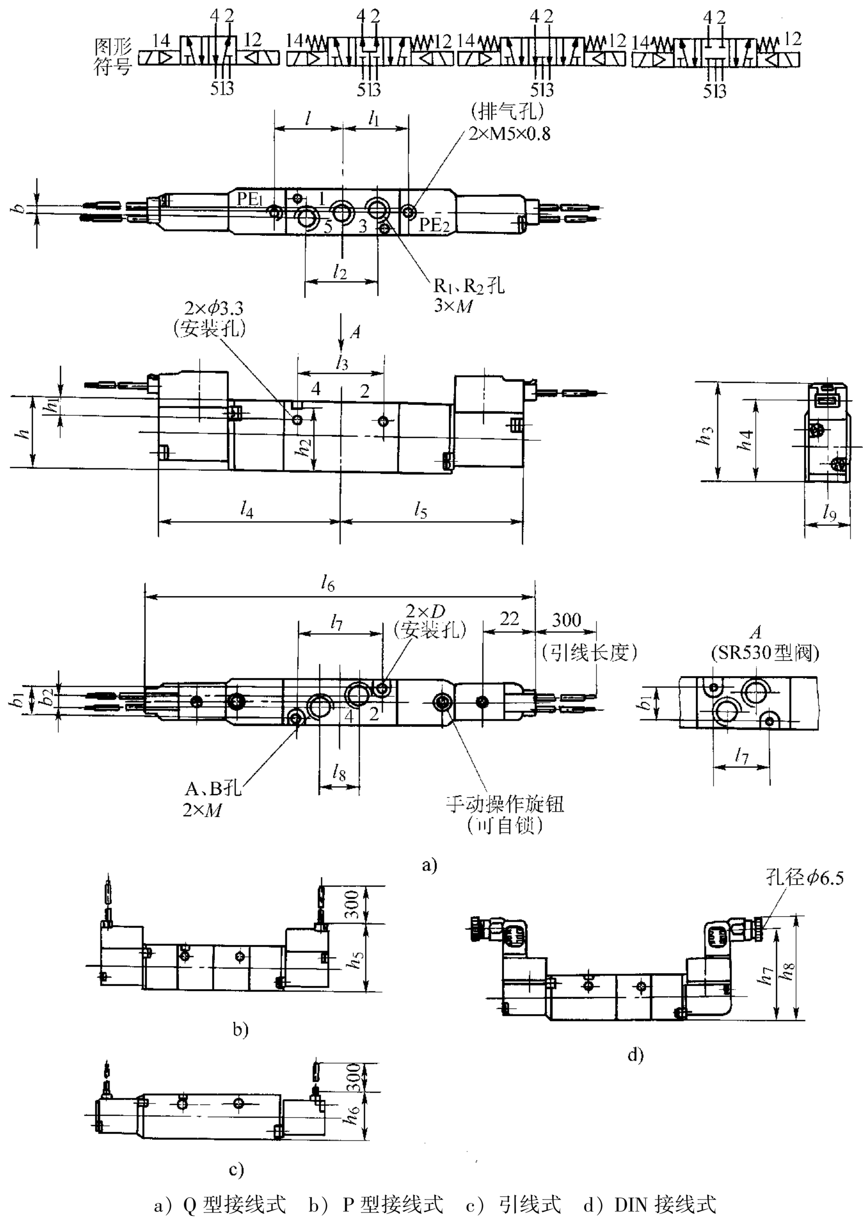
a）Q 型接线式　b）P 型接线式　c）引线式　d）DIN 接线式

型　号	M	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	l_{10}	l_{11}	l_{12}	l_{13}
SR530	M5×0.8	19.5	20	20	25.5	90	95	19	10	35	15	7.5	25	112.5
SR540	ZG1/8	27.2	29	34.4	34.5	111	116	34.4	16	40	18	10	30	128

型　号	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	b	b_1	b_2	D
SR530	24	6	21	37.5	42	15	16.5	24	42	28	58	0	11	6	2.8
SR540	28		25	33	40	18	20	28	44	30	60	1.2	13	2	3.3

注：图 b、c、d 中没给出的尺寸，可参考 Q 型接线式的尺寸。

表 23.5-46 SR530、SR540 管接式二位、三位五通双电控先导式电磁换向阀外形尺寸 （mm）



a）Q 型接线式 b）P 型接线式 c）引线式 d）DIN 接线式

型号	M	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9
SR530	M5×0.8	19.5 (28.2)	19.5 (19.5)	20	20	67 (76)	67 (67)	144 (153)	19	10	15
SR540	ZG1/8	27.2 (38.8)	27.2 27.2	29	34.4	76.5 (82.5)	76.5 (82.5)	163 (175)	34.4	16	18

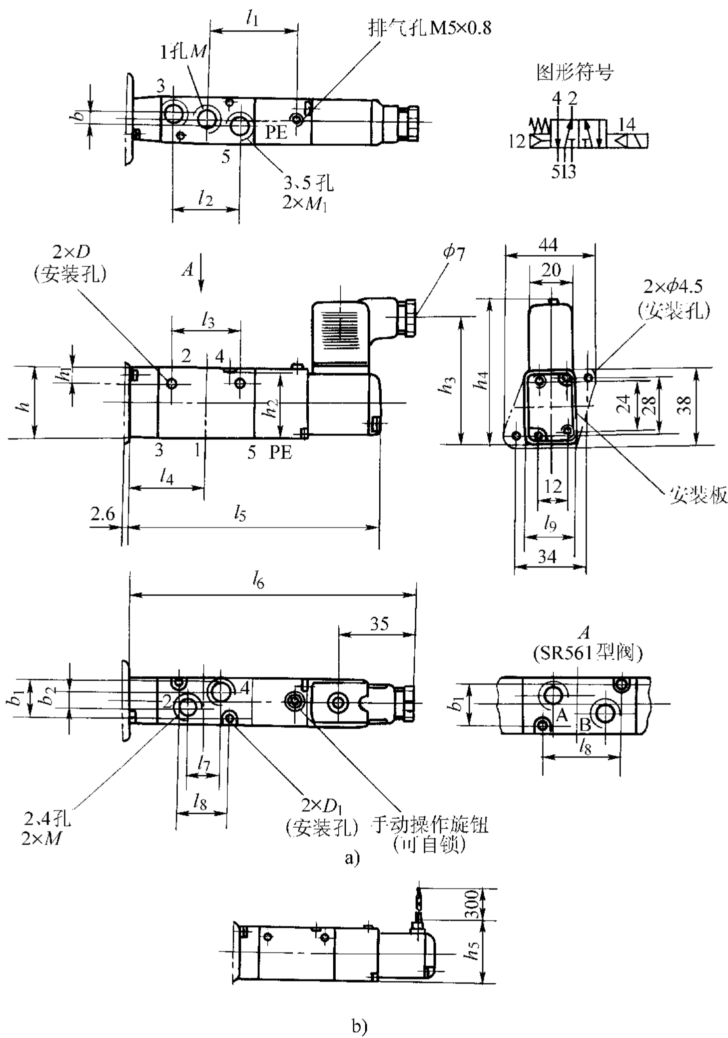
型号	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	b	b_1	b_2	D
SR530	24	6	21	38	31	42	28	58	65	0	11	6	2.8
SR540	28	7	25	40	33	44	30	60	67	1.2	13	2	3.3

注：1. 表中括号内的尺寸为三位阀的尺寸。

2. P 型接线式、引线式、DIN 接线式图中没给出的尺寸，可参考 Q 型接线式图中尺寸。

表 23.5-47　SR550、SR551、SR561 管接式二位五通单电控先导式电磁换向阀外形尺寸

（mm）



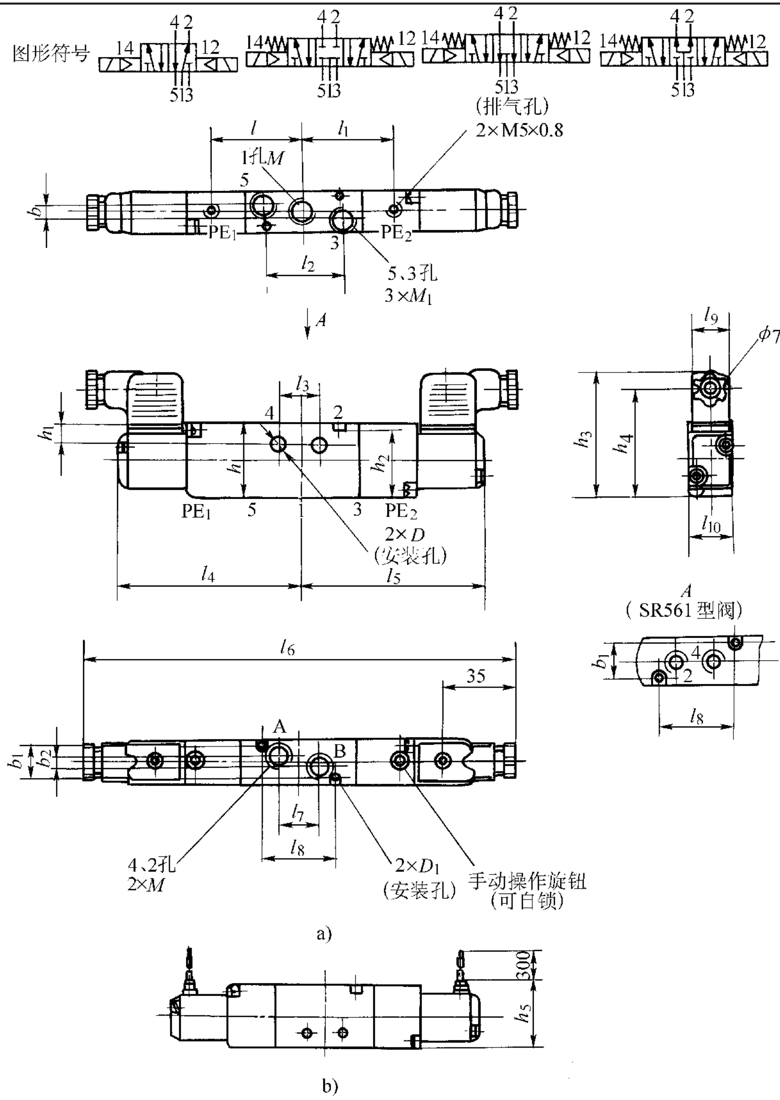
a）DIN 接线式、螺钉接线式　b）引线式

型　号	M	M_1	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h	b	b_1	b_2	D	D_1
SR550	ZG1/8	ZG1/8	40.5	32	34	36.5	121	136	16	24	22	34	8.2	31.4	57 (53)	66 (62)	40	6	17	8	3.3	3.3
SR551	ZG1/4	ZG1/4	47	42	21	44	138	153	21	40	22	38	29	34.5	59 (55)	68 (64)	42	5	17	3	4.5	3.3
SR561	ZG3/8	ZG3/8	44	50	54	52	149	164	26	40	28	42	9	37	61 (57)	70 (66)	44	3	22	4	4.5	4.5

注：1. 表中括号内的尺寸是螺钉接线式的尺寸。

2. 引线式图中没给出的尺寸，可参考 DIN 接线式和螺钉接线式的尺寸。

表 23.5-48 SR550、SR551、SR561 管接式二位、三位五通双电控先导式电磁换向阀外形尺寸（mm）



a）DIN 接线式、螺钉接线式　b）引线式

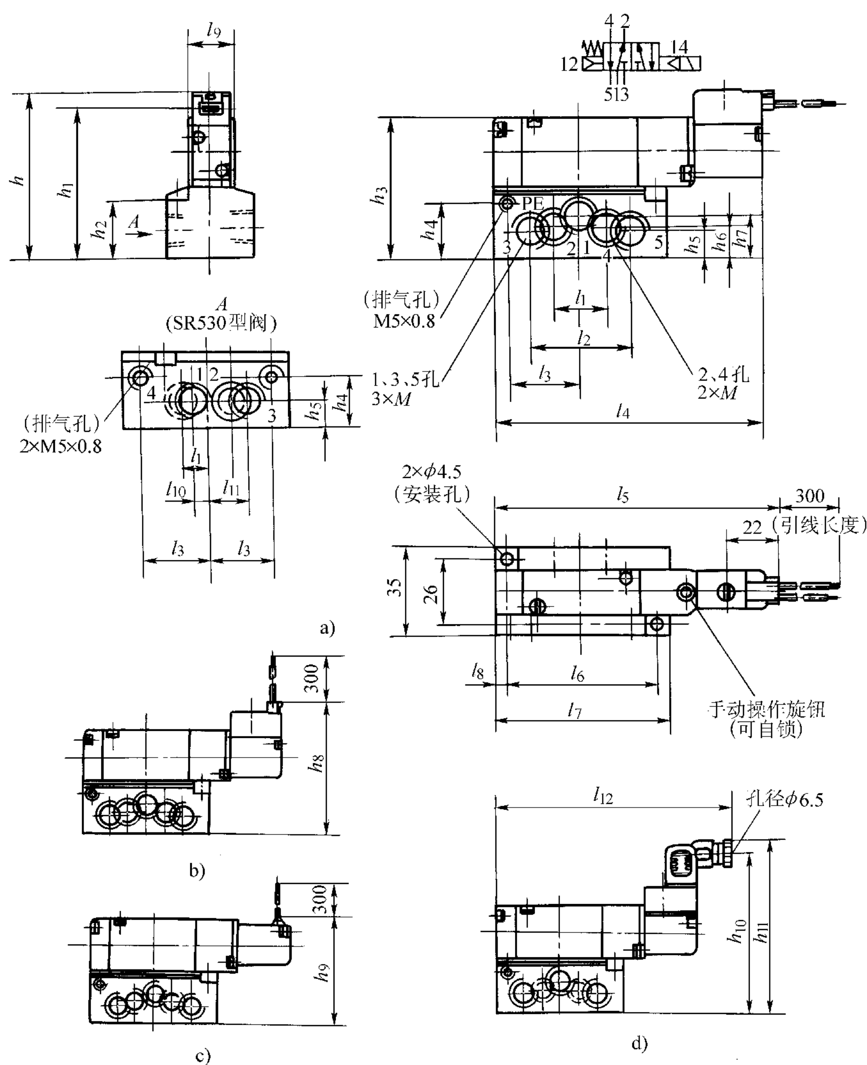
型　号	M	M_1	l①	$l_1$②	l_2	l_3	$l_4$①	$l_5$①	$l_6$①
SR550	ZG1/8	ZG1/8	40.5 (58.5)	40.5 (58.5)	32	34	84.5	84.5	199 (235)
SR551	ZG1/4	ZG1/4	47 (66)	47 (66)	42	21	94 (113)	94 (113)	218 (256)
SR561	ZG3/8	ZG1/4	44 (64)	44 (44)	50	54	97 (117)	97 (97)	224 (243)

型　号	l_7	l_8	l_9	l_{10}	h	h_1	h_2	$h_3$②	$h_4$②	h_5	b	b_1	b_2	D	D_1
SR550	23	24	20	22	34	8.2	31.4	66 (62)	57 (53)	40	6	17	8	3.3	3.3
SR551	21	40	20	22	38	29	34.5	68 (64)	59 (55)	42	5	17	3	4.5	3.3
SR561	26	40	22	28	42	9	37	70 (66)	61 (57)	44	6	22	4	4.5	4.5

① 括号中的尺寸为三位阀的尺寸。

② 括号中的尺寸为螺钉接线式的尺寸。引线式图中没给出的尺寸，可参考 DIN 接线式和螺钉接线式图中的尺寸。

表 23.5-49　SR530、SR540 板接式二位五通单电控先导式电磁换向阀外形尺寸　(mm)

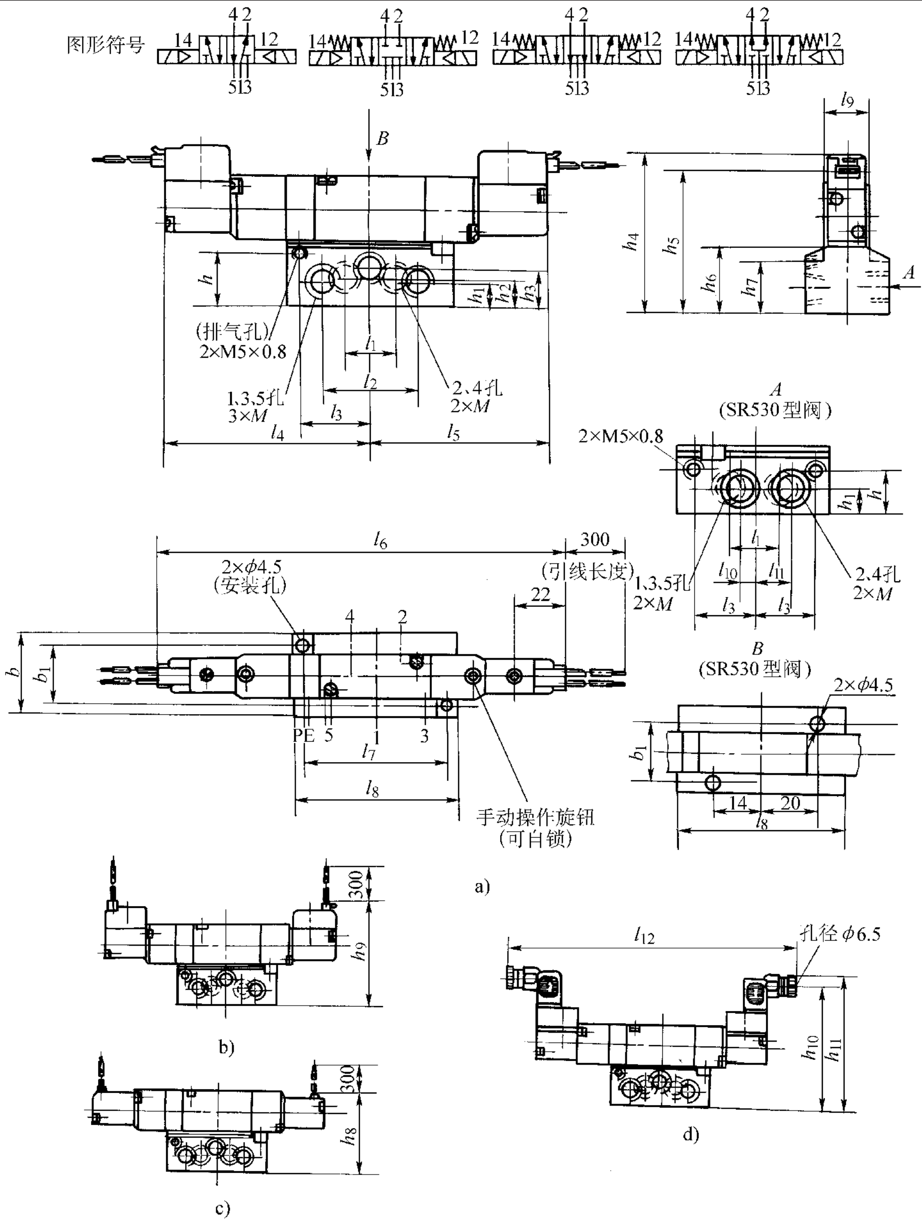


a) Q 型接线式　b) P 型接线式　c) 引线式　d) DIN 接线式

型　号	M	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	l_{10}	l_{11}	l_{12}	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}
SR530	ZG1/8	16	0	21	92.5	94.6	46	52	12	15	4	10.9	112.5	61	54	17	47	14.5	8	8	8	65	51	81	88
SR540	ZG1/4	21	40	29	111	113	60	69	4.5	18	0	20	128	70	63	22.9	58	22.5	11	12.5	17	74	60	90	97

注：P 型接线式、引线式、DIN 接线式图中没给出的尺寸，可参考 Q 型接线式图中的尺寸。

表23.5-50　SR530、SR540板接式二位、三位五通双电控先导式电磁换向阀外形尺寸　（mm）



a) b) c) d)

a）Q型接线式　b）P型接线式　c）引线式　d）DIN接线式

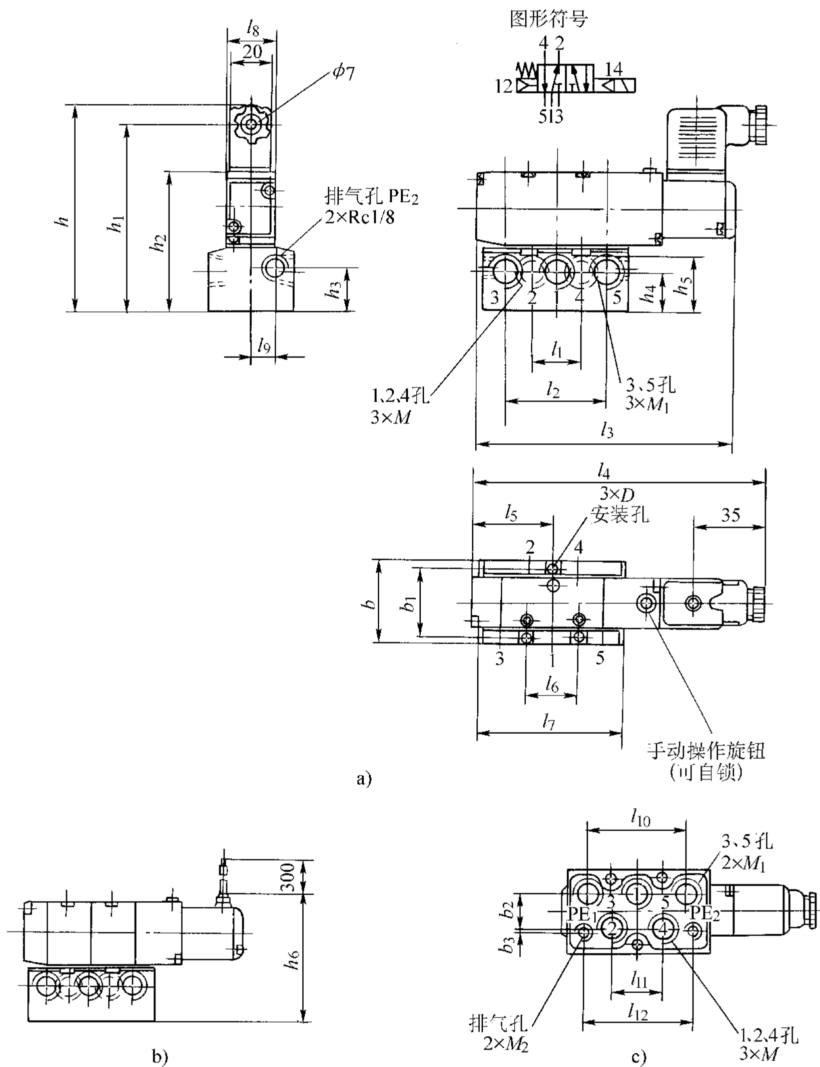
型　号	M	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	l_{10}	l_{11}	l_{12}
SR530	ZG1/8	16	0	21	64.1 (75.7)	64.1 (67)	144 (153)	34	52	15	4	10.9	174 (183)
SR540	ZG1/4	21	40	29	76.5 (88)	76.5 (77)	156 (175)	60	69	18	10.5	10.5	187 (205)

型　号	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}	b	b_1
SR530	14.5	8	8	8	61	54		17	51	65	81	88	30	23
SR540	22.5	11	12.5	17	70	63	28.5	22.9	60	74	90	97	35	26

注：1. 表中括号中的尺寸为三位阀的尺寸。

2. P型接线式、引线式、DIN接线式图中没给出的尺寸，可参考Q型接线式图中尺寸。

表 23. 5-51　SR550、SR551、SR561 板接式二位五通单电控先导式电磁换向阀外形尺寸（mm）



a）DIN 接线式、螺钉接线式(侧面接管)　b）引线式(侧面接管)　c）底面接管

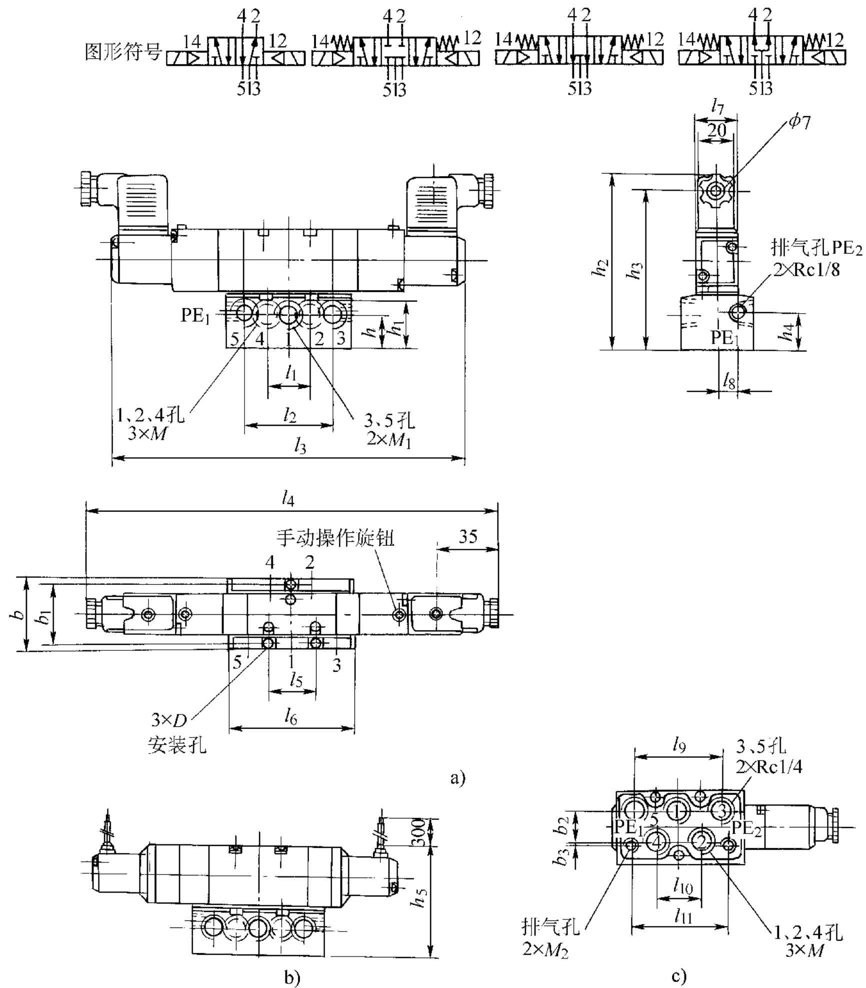
型　号	M	M_1	M_2	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8
SR550	ZG1/4	ZG1/4	M5×0.8	23	46	121	136	36.5	24	89	22
SR551	ZG1/4 (ZG3/8)	ZG3/8	ZG1/8	28	56	138	153	44	28	81	22
SR561	ZG3/8 (ZG1/2)	ZG3/8 (ZG1/2)	ZG1/8	32	64	149	164	52	32	94	28

型　号	l_9	l_{10}	l_{11}	l_{12}	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	b	b_1	b_2	b_3	D
SR550	10	46	23	52	97 (93)	88 (84)	65	21	18	25	71	40	32	17	1.5	4.5
SR551	10	56	28	66	104 (100)	95 (91)	74	26	20	28	78	43	35	20	0	4.5
SR561	12.5	64	32	76	105 (101)	96 (92)	77	25.5	18	27	79	48	40	48	0	5.5

注：1. 括号中的尺寸为螺钉接线式的尺寸，SR561 型号底面接管式阀 M 为 ZG3/8。

2. 引线式图中没给出的尺寸，可参考 DIN 接线式和螺钉接线式图中尺寸。

表 23.5-52 SR550、SR551、SR561 板接式二位、三位五通双电控先导式电磁换向阀外形尺寸（mm）



a）DIN 接线式、螺钉接线式 b）引线式 c）底面接管式

型 号	M	M_1	M_2	l_1	l_2	$l_3$①	$l_4$①	l_5	l_6	l_7	l_8
SR550	ZG1/4	ZG1/4	M5×0.8	23	46	169（205）	199（235）	24	68	22	10
SR551	ZG1/4（ZG3/8）	ZG3/8	ZG1/8	28	56	188（226）	218（256）	28	84	22	10
SR561	ZG3/8（ZG1/2）	ZG3/8（ZG1/2）	ZG1/8	32	64	194（214）	224（243）	32	94	28	12.5

型 号	l_9	l_{10}	l_{11}	h	h_1	$h_2$②	$h_3$②	h_4	h_5	b	b_1	b_2	b_3	D
SR550	46	23	52	18	25	97（93）	88（84）	21	71	40	32	17	1.5	4.5
SR551	56	28	66	20	28	104（100）	95（91）	26	78	43	35	20	0	4.5
SR561	64	32	76	18	27	105（101）	96（92）	25.5	78	48	40	25	0	5.5

注：引线式图中没给出的尺寸，可参考 DIN 接线式和螺钉接线式图中的尺寸。

① 括号中的尺寸为三位阀的尺寸。

② 括号中的尺寸为螺钉接线式的尺寸。

16. PS140/180/380、VF1000/3000/5000 系列二位、三位五通先导式电磁换向阀

1）工作原理（见图 23.5-15）。

2）技术规格（见表 23.5-53）。

3）外形尺寸（见表 23.5-54、表 23.5-55）。

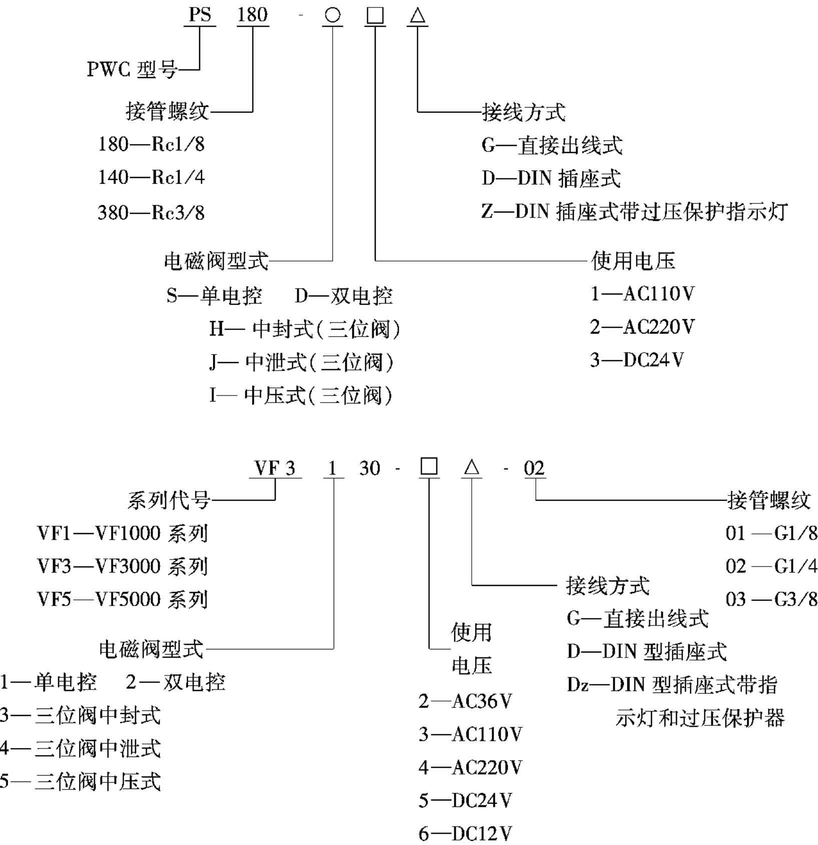
表 23.5-53　PS140、VF3000系列二位、三位五通先导式电磁换向阀技术规格

（PS140 上下分别印有 180、380；VF3000 上下分别印有 1000、5000）

接管螺纹	位数	先导阀数	工作介质	环境与介质温度 /℃	工作压力范围 /MPa	最高换向频率 /Hz	有效截面积 /mm² （C_v 值）	消耗功率 AC/VA、DC /W	重量 /kg
G1/8 Rc1/8	二位	单电控	经过滤的压缩空气	-5~50	0.15~0.9	5	12.6(0.6)	AC：4VA DC：2.5W	0.13
		双电控			0.1~0.9		12.6(0.6)		0.19
	三位	双电控				3	9.0(0.4)		0.25
G1/4 Rc1/4	二位	单电控			0.15~0.9	5	19(1.0)	AC：6VA DC：4.8W	0.22
		双电控			0.1~0.9		19(1.0)		0.3
	三位	双电控			0.2~0.9	3	14.4(0.8)		0.35
G3/8 Rc3/8	二位	单电控			0.5~0.9	5	45(2.5)	AC：6VA DC：4.8W	0.35
		双电控			0.1~0.9		45(2.5)		0.45
	三位	双电控				3	36(2)		0.55

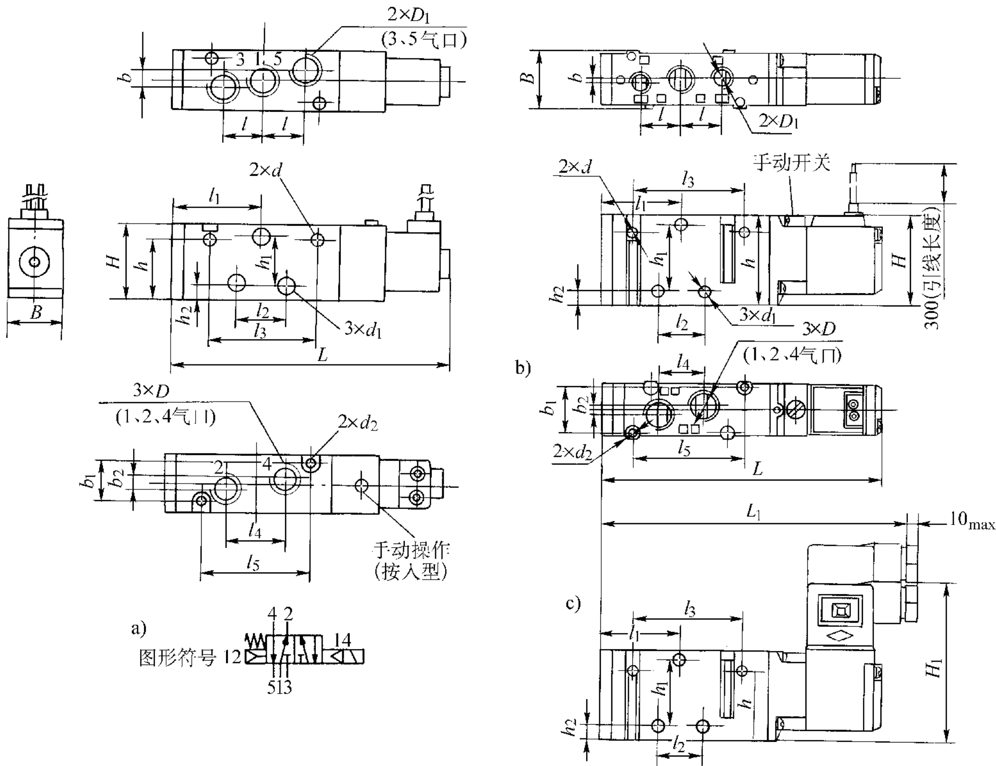
注：1. 生产单位：奉化韩海机械制造有限公司（生产 PS 系列产品）、无锡恒立液压气动有限公司（生产 VF 系列产品）、上海利岛液压气动有限公司（生产 VF 系列产品）。

2. 型号意义：



180　　1000
表 23. 5-54　PS140、VF3000系列二位五通先导式电磁换向阀外形尺寸
380　　5000

（mm）

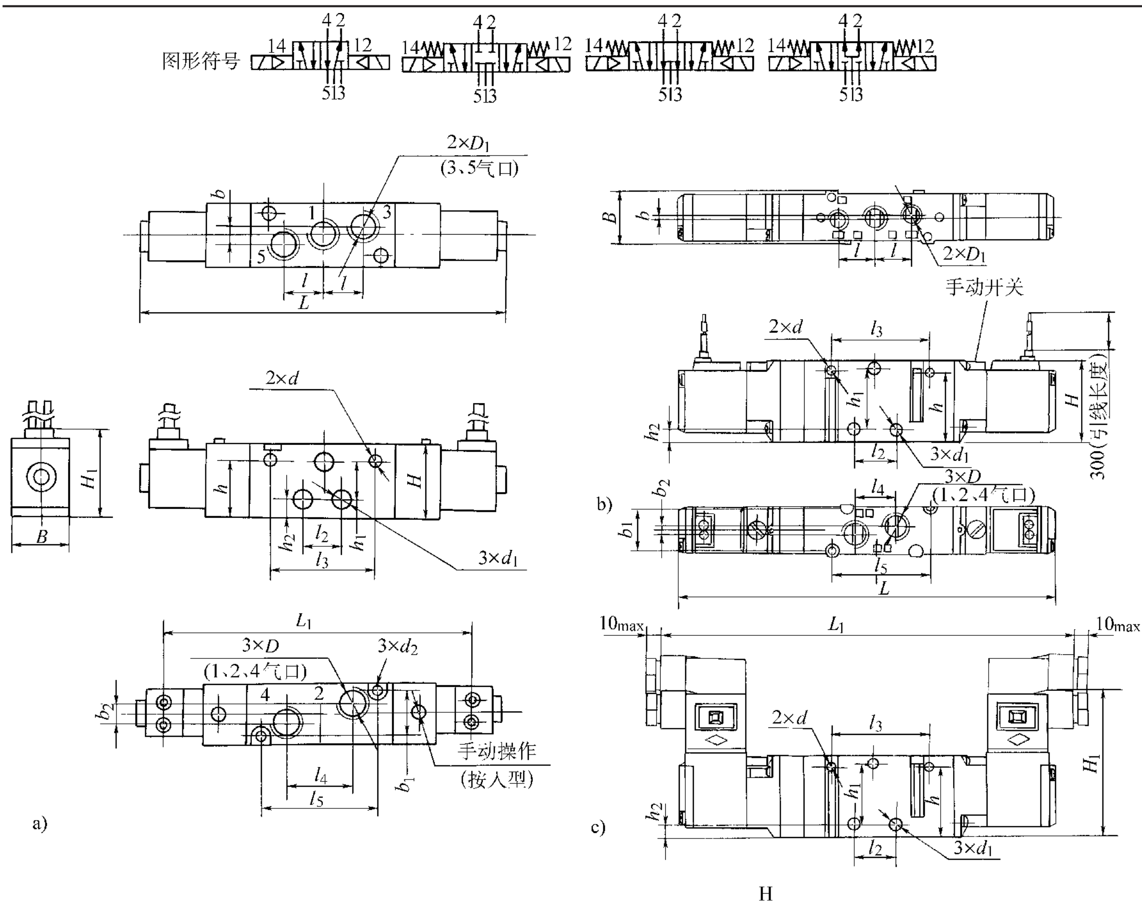


a）PS180-S□G　PS140-S□G　PS380-S□G　直接出线式
b）VF1130-□G-01　VF3130-□G-02　VF5120-□G-03　直接出线式
c）VF1130-□$\frac{D}{Dz}$-01　VF3130-□$\frac{D}{Dz}$-02　VF5120-□$\frac{D}{Dz}$-03　插座式

型　号	D	D_1	L	L_1	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	H	H_1	h	h_1	h_2	B	b	b_1	b_2	d	d_1	d_2
PS180-S	Rc1/8	Rc1/8	100	—	13.6	—	—	35	17	35	28	34	25	—	—	18	1.6	13	3	ϕ3.2	0	ϕ3.2
PS140-S	Rc1/4	Rc1/8	120	—	17.5	—	20	—	23	10	34.5	—	—	—	7	26.5	8	20	0	0	ϕ4.2	ϕ4.3
PS380-S	Rc3/8	Rc3/8	154	—	26	50.5	27	—	28	44	45	—	—	36	4.5	32	0	24	3	0	ϕ4.3	ϕ4.3
VF1130	G1/8	G1/8	—	105	13.5	—	—	35	17	35	29	55	21	0	0	18	2	13	3	ϕ3.3	0	ϕ4.5
VF3130	G1/4	G1/8	—	125.5	18	—	20.5	—	23	10	35	65	0	0	7	26	14	20	0	0	ϕ4.3	ϕ4.3
VF5120	G3/8	G3/8	—	162	26	48	27	—	28	44	45	69.5	0	36	4	32	0	24	3	0	ϕ4.3	ϕ4.3

180　　1000
表 23. 5-55　PS140、VF3000系列二位五通、三位五通先导式换向阀外形尺寸
380　　5000

（mm）



H
a）PS180、PS140、PS380-D□G、PS180、PS140、PS380-J □G 直接出线式
I

b）VF1230、VF3230、VF5220-□G 直接出线式

3　3　3
c）VF1230、VF3230、VF5220-□ D/Dz、VF1430、VF3430、VF5420-□ D/Dz 插座式
5　5　5

型号		D	D_1	L	L_1	l	l_2	l_3	l_4	l_5	H
PS180-D□G	PS180-D□ D/Z	Rc1/8	Rc1/8	148	126	13.6	—	35	17	35	28
H PS180-J □G I	H PS180-J □ D/Z I										
PS140-D□G	PS140-D□ D/Z	Rc1/4	Rc1/8	176 （196）	150 （170）	17.5	20	—	23	10	34.5
H PS140-J □G I	H PS140-J □ D/Z I										

（续）

型号		D	D_1	L	L_1	l	l_2	l_3	l_4	l_5	H
PS380-D□G H PS380-J □G I	PS280-D□$^{D}_{Z}$ H PS380-J □$^{D}_{Z}$ I	Rc3/8	Rc3/8	210 (239)	184 (213)	26	27	—	28	44	45
VF1230-□G-01 3 VF1430-□G-01 5	VF1230-□$^{D}_{Dz}$-01 3 VF1430-□$^{D}_{Dz}$-01 5	G1/8	G1/8	151.5 (163.5)	—	13.5	—	35	17	35	29
VF3230-□G-02 3 VF3430-□G-02 5	VF3230-□$^{D}_{Dz}$-02 3 VF3430-□$^{D}_{Dz}$-02 5	G1/4	G1/8	174 (194)	188 (208)	18	20.5	—	23	10	35
VF5220-□G-03 3 VF5420-□G-03 5	VF5220-□$^{D}_{Dz}$-03 3 VF5420-□$^{D}_{Dz}$-03 5	G3/8	G3/8	—	224 (253.5)	26	27	—	28	44	45

型号		H_1	h	h_1	h_2	B	b	b_1	b_2	d	d_1	d_2
PS180-D□G H PS180-J □G I	PS180-D□$^{D}_{Z}$ H PS180-J □$^{D}_{Z}$ I	34	25	—	—	18	1.6	13	3	ϕ3.2	0	ϕ3.2
PS140-D□G H PS140-J □G I	PS140-D□$^{D}_{Z}$ H PS140-J □$^{D}_{Z}$ I	—	—	—	7	26.5	8	20	0	0	ϕ4.2	ϕ4.3
PS380-D□G H PS380-J □G I	PS280-D□$^{D}_{Z}$ H PS380-J □$^{D}_{Z}$ I	—	—	36	4.5	32	0	24	3	0	ϕ4.3	ϕ4.3
VF1230-□G-01 3 VF1430-□G-01 5	VF1230-□$^{D}_{Dz}$-01 3 VF1430-□$^{D}_{Dz}$-01 5	55	21	—	—	18	2	13	3	ϕ3.3	0	ϕ4.5
VF3230-□G-02 3 VF3430-□G-02 5	VF3230-□$^{D}_{Dz}$-02 3 VF3430-□$^{D}_{Dz}$-02 5	65	—	—	7	26	14	20	0	0	ϕ4.3	ϕ4.3
VF5220-□G-03 3 VF5420-□G-03 5	VF5220-□$^{D}_{Dz}$-03 3 VF5420-□$^{D}_{Dz}$-03 5	69.5	—	36	4	32	0	24	3	0	ϕ4.9	ϕ4.3

注：表中括号内的尺寸为三位阀的尺寸。

17. PS120、PS340、VF7000、VF8000 系列二位、三位五通先导式电磁换向阀

1）工作原理(见图 23.5-15)。

2）技术规格(见表 23.5-56)。

3）外形尺寸(见图 23.5-16)。

表 23.5-56　PS$_{340}^{120}$、VF$_{8000}^{7000}$系列二位、三位五通先导式电磁换向阀技术规格

型号		位数	电磁阀形式	接管螺纹	工作介质	温度范围/℃	工作压力/MPa	有效截面积/mm²（C_v 值）	最高换向频率/Hz	润滑	消耗功率 AC/VA DC/W
PS120S	VF7120	二位	单电控	Rc1/2、G1/2	经过滤的压缩空气	最高 50	0.1 ~ 0.99	80(4.44)	5	有无润滑油均可	AC：6.0 DC：1.8、4.8①
PS340S	VF8120			Rc1/2，3/4、G1/2、3/4				80(4.44) 90(5.0)①	10		
PS120D	VF7220		双电控	Rc1/2、G1/2				80(4.44)	5		
PS340D	VF8220			Rc1/2，3/4、G1/2、3/4				80(4.44) 90(5.0)①	10		
H	3	三位	中封式	Rc1/2、G1/2			0.15 ~ 0.99	70(3.89)	3 5		
PS120J	VF7420		中泄式								
I	5		中压式								
H	3		中封式	Rc1/2，3/4、G1/2、3/4							
PS340J	VF8420		中泄式								
I	5		中压式								

① 值为无锡恒立与上海利岛公司的值。

注：1. 生产单位：奉化韩海机械制造有限公司(生产 PS 系列阀)、无锡恒立液压气动有限公司(生产 VF 系列阀)、上海利岛液压气动设备有限公司(生产 VF 系列阀)。

180　　1000

2. 型号意义与 PS140、VF3000系列相同。

380　　5000

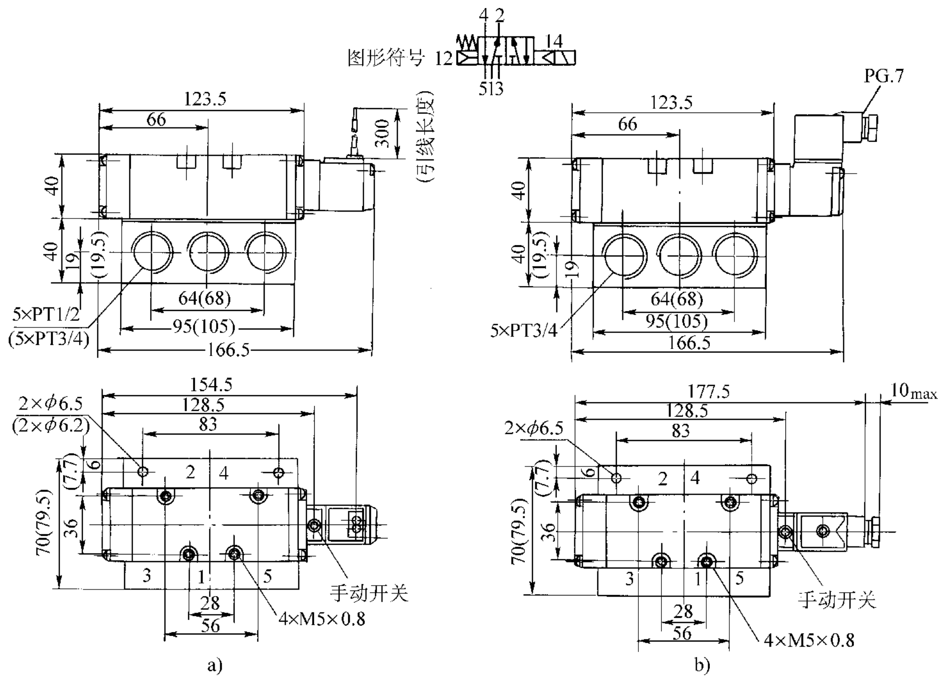


图 23.5-16　PS$_{340}^{120}$、VF$_{8000}^{7000}$系列二位、三位五通先导式电磁换向阀外形尺寸

a）PS120S-□G、VF7120-□G、PS340S-□G、VF8120-□G 直接出线式

b）PS120S-□$_{Z}^{D}$、VF7120-□$_{DZ}^{D}$、PS340S-□$_{Z}^{D}$、VF8120-□$_{DZ}^{D}$插座式

c)

d)

图 23.5-16 PS$\begin{smallmatrix}120\\340\end{smallmatrix}$、VF$\begin{smallmatrix}7000\\8000\end{smallmatrix}$系列二位、三位五通先导式电磁换向阀外形尺寸(续)

c）PS120D-□G、PS120$\begin{smallmatrix}H\\J\\I\end{smallmatrix}$-□G、VF7220-□G、VF7$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□G

PS340D-□G、PS340$\begin{smallmatrix}H\\J\\I\end{smallmatrix}$-□G、VF8220-□G、VF8$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□G 直接出线式

d）PS120D-□$\begin{smallmatrix}D\\Z\end{smallmatrix}$、PS120$\begin{smallmatrix}H\\J\\I\end{smallmatrix}$-□$\begin{smallmatrix}D\\Z\end{smallmatrix}$、VF7220-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$、VF7$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$

PS340D-□$\begin{smallmatrix}D\\Z\end{smallmatrix}$、PS340$\begin{smallmatrix}H\\J\\I\end{smallmatrix}$-□$\begin{smallmatrix}D\\Z\end{smallmatrix}$、VF8220-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$、VF8$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$插座式

18. 3K 系列二位、三位五通先导式电磁换向阀

1）工作原理(见图 23.5-15)。

2）技术规格(见表 23.5-57)。

3）外形尺寸(见表 23.5-58 ~ 表 23.5-61)。

表 23.5-57 3K 系列二位、三位五通单、双电控先导式电磁换向阀技术规格

通　　径/mm		4	6	8	10	15
接管螺纹	管接式	M5	Rc1/8	Rc1/4	Rc3/8	
	板接式	Rc1/8	Rc1/8，Rc1/4	Rc1/4	Rc3/8	Rc1/2
有效截面积 S 值[①] /mm²	管接式	>4(>2.5)	12.5(11)	>25(>22)	>48(>40)	
	板接式	>4.5(>3)	14(12)	14(12)	28(27)	60(57)
换向时间[①] /ms	管接式	<25(<60)	<40(<60)	<36(<60)	<55(<65)	
	板接式	<25(<60)	<40(<60)	<40(<60)	<36(<60)	<55(<65)
环境温度/℃		-5 ~40				
介质温度/℃		-5 ~50				
通径/mm		4	6	8	10	15
工作压力/MPa		0.15 ~1.0				
润　　滑		有无润滑油均可				

（续）

功率消耗/W	<2	<3
额定电压/V	DC：24　AC：220	

① 括号中的值为三位阀的值。

注：1. 生产单位：无锡市华通气动制造有限公司。

2. 型号意义：

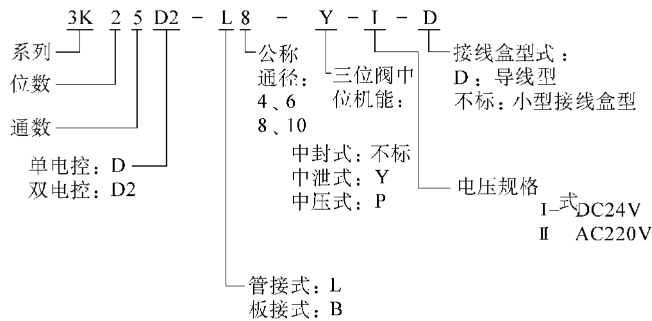
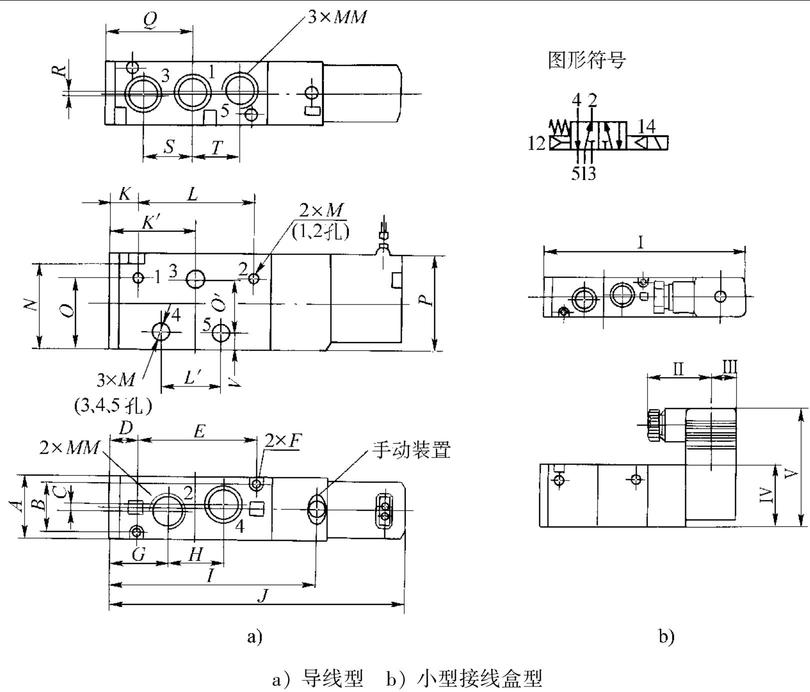


表 23.5-58　3K 系列二位、三位五通单电控先导式电磁换向阀外形尺寸　（mm）



a）导线型　b）小型接线盒型

a）导线型外形尺寸

型　号	MM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	K′	L
3K25D-L4	M5	15	11	5	11	19	ϕ2.7	15.5	10	49.5	84	15.3		10.5
3K25D-L6	Rc1/8	18	13	2.2	11	34.5	ϕ3.2	19.5	17	68.5	100	10.5		35
3K25D-L8	Rc1/4	23	18	2	13	45	ϕ3.2	24.5	21	81	119	13		44
3K25D-L10	Rc3/8	29	22.3	1	15	60	ϕ4.3	31.5	27	104	137		45	0

型　号	L′	M	N	O	O′	P	Q	R	S	T	V
3K25D-L4		ϕ3.2	20.3	3		23	20.5	0	10.5	10.5	
3K25D-L6		ϕ3.2	25	21		28	28	2.2	13.5	13.5	
3K25D-L8		ϕ4.5	32	27.5		36	35	1	18.5	18.5	

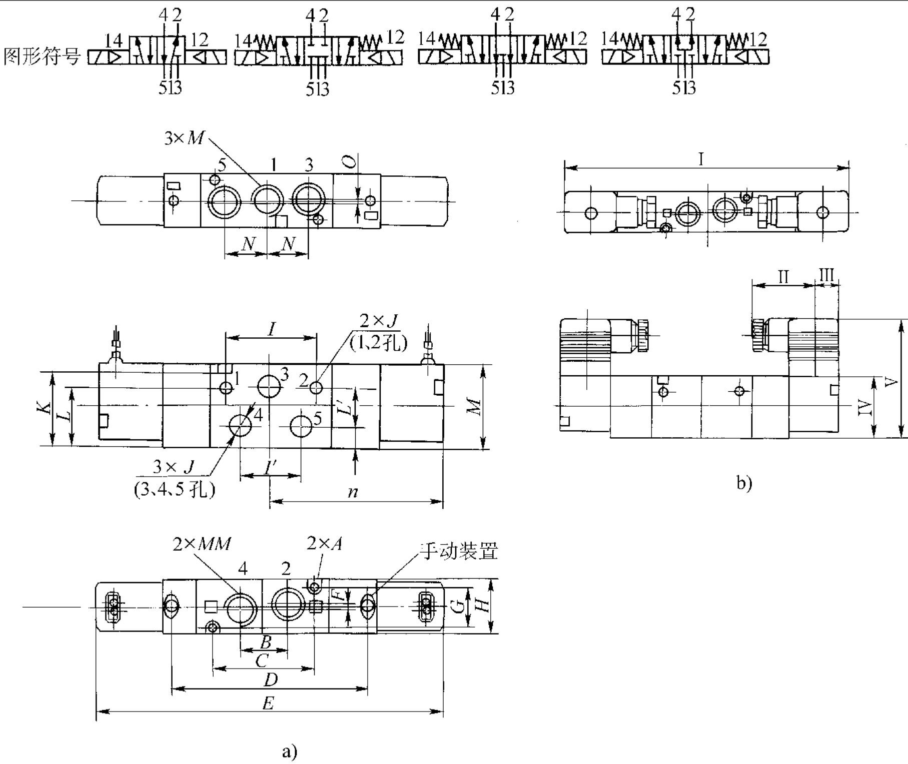
（续）

型　　号	L′	M	N	O	O′	P	Q	R	S	T	V
3K25D-L10	26	ϕ4.5	38		33	43	45	1	25.5	25.5	5

b）小型接线盒型外形尺寸

型　　号	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
3K25D-L4	84	21.5	7.5	23	41.5
3K25D-L6	100	21.5	7.5	26	46.5
3K25D-L8	119	36.5	14.5	36	60
3K25D-L10	137	36.5	14.5	40	73

表 23.5-59　3K 系列二位、三位五通双电控先导管接式电磁换向阀外形尺寸　（mm）



a）导线型　b）小型接线盒型

a）导线型外形尺寸

型　　号	MM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	I′	J	K	L	L′	M	N	n	O	V
3K25D2-L4	M5	ϕ2.7	10	19	58	127	5	11	15	10.5		ϕ3.2	20.3	3		23	10.5		0	
3K35D2-L4					70.5	132.5	5	11	15	10.5		ϕ3.2	20.3	3		23	10.5	63.5	0	
3K25D2-L6	Rc1/8	ϕ3.2	17	34.5	80	144	2.2	13	18	35		ϕ3.2	25	25	21	28	13.5		2.2	
3K35D2-L6					94.5	154.5	2.2	13	18	35		ϕ3.2	25	21		28	13.5	72	2.2	
3K25D2-L8	Rc1/4	ϕ3.2	21	45	92	168	2	18	23	44		ϕ4.5	32	27.5		36	18.5		1	
3K35D2-L8					111	179	2	18	23	44		ϕ4.5	32	27.5		36	18.5	84	1	
3K25D2-L10	Rc3/8	ϕ4.3	27	60	118	186	1	22.3	29	0	26	ϕ4.5	38		33	43	25.5		1.5	5
3K35D2-L10					118	184	1	22.3	29	0	26	ϕ4.5	38		33	43	25.5	93	1.5	5

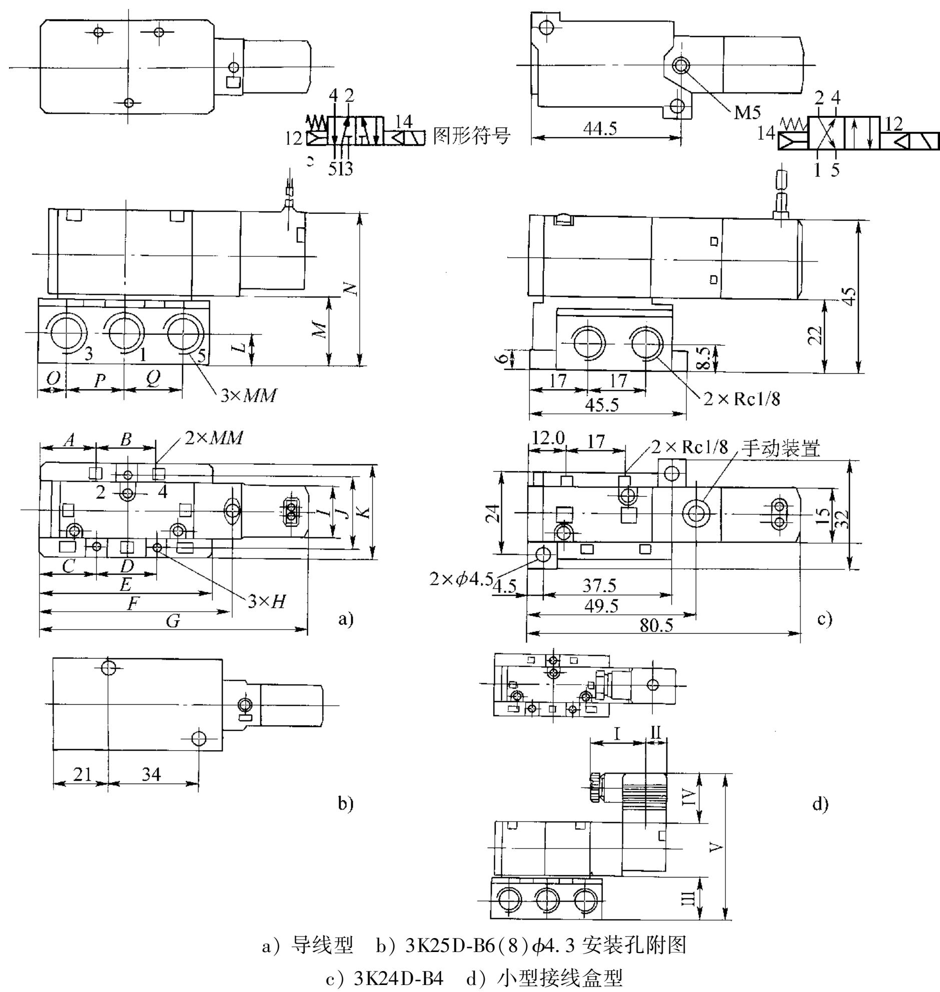
注：图中 1、2 孔为 3K25D2、3K35D2-L4 ~ L8 的安装孔；3、4、5 孔为 3K25D2、3K35D2-L10 的安装孔。

b）小型接线盒型外形尺寸

型　　号		Ⅰ①	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
3K25D2-L4	3K35D2-L4	127（132.5）	21.5	7.5	23	41.5
3K25D2-L6	3K35D2-L6	144（154.5）	21.5	7.5	26	46.5
3K25D2-L8	3K35D2-L8	168（179）	36.5	14.5	36	60
3K25D2-L10	3K35D2-L10	184（210）	36.5	14.5	40	73

① 括号中的值为三位阀的尺寸。

表 23.5-60　3K 系列二位四通、五通单电控先导板接式电磁换向阀外形尺寸　(mm)



a）导线型　b）3K25D-B6(8)ϕ4.3 安装孔附图
c）3K24D-B4　d）小型接线盒型

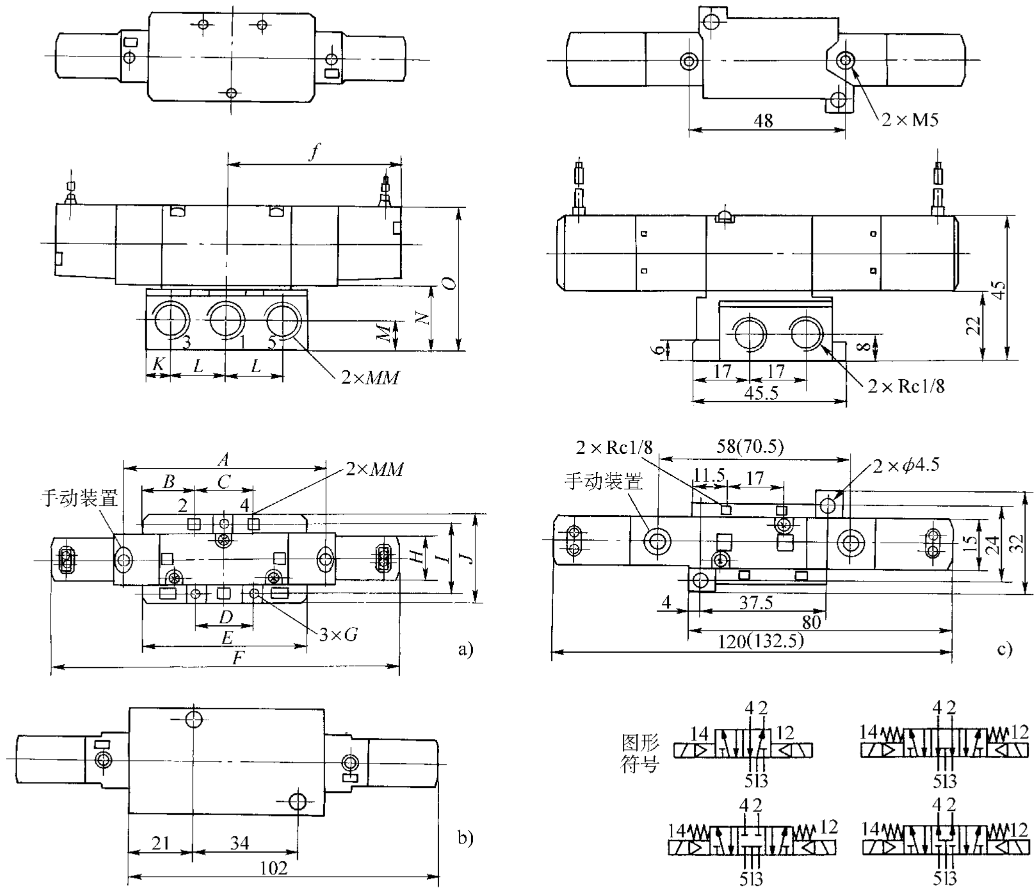
a）导线型外形尺寸

型　　号	*MM*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*I*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*Q*
3K25D-B6(8)	Rc1/8 Rc1/4	21	22	21	34	64	72	102	ϕ4.3	18	27	34	11	26	54	10	22	22
3K25D-B10	Rc3/8	23.5	27	24	26	74	83	117	ϕ4.3	23	32	40	13.5	30	66	11.5	25.5	25.5
3K25D-B15	Rc1/2	31	32	31	32	94	106	140	ϕ5.3	29	42	52	16	37	80	15	32	32

d）小型接线盒型外形尺寸

型　　号	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
3K24D-B4	21.5	7.5	22	18.5	63.5
3K25D-B6(8)	21.5	7.5	26	18.5	72.5
3K25D-B10	36.5	14.5	30	34	100
3K25D-B15	36.5	14.5	37	34	111

表 23.5-61　3K 系列二位四通、五通、三位五通双电控板接式电磁换向阀外形尺寸　（mm）



a）导线型 3K25D2、3K35D2-B6 ~ B15

b）导线型 3K25D2、3K35D2-B6(8)ϕ4.3 安装孔图

c）导线型 3K24D2、3K34D2-B4

型　　号	*MM*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*f*	*G*	*H*	*I*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*
3K25D2-B6(8)	Rc1/8	80	21	22	34	64	140	70	ϕ4.3	18	27	34	10	22	11.5	26	54
3K35D2-B6(8)	Rc1/4	94.5					154.5										
3K25D2-B10	Rc3/8	92	23.5	27	26	74	160	80	ϕ4.3	23	32	40	11.5	25.5	13.5	30	66
3K35D2-B10		111					179										
3K25D2-B15	Rc1/2	118	31	32	32	94	186	93	ϕ5.3	29	42	52	15	32	16	37	80
3K35D2-B15		142					210										

注：1. 小型接线盒型外形尺寸可参照单电控板式电磁阀系列尺寸。

2. 图中括号中的值为三位阀的尺寸。

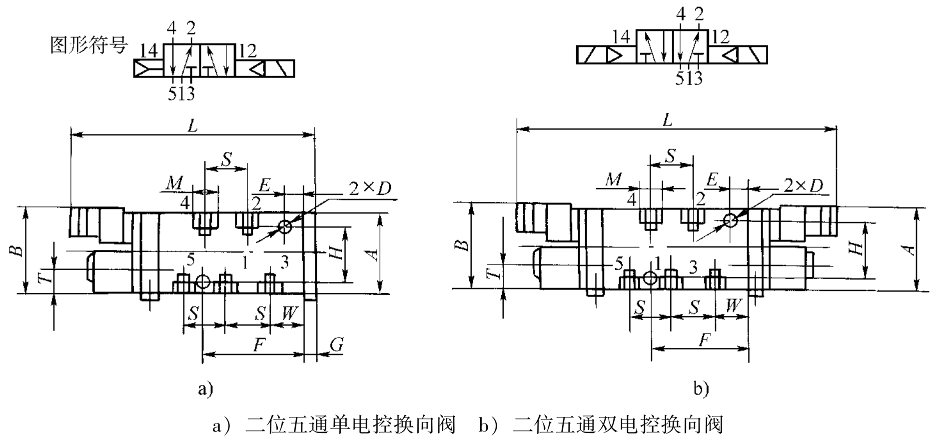
19. QDA 系列二位五通先导式电磁换向阀

1）工作原理与图 23.5-15 所示换向阀的工作原理相同。

2）技术规格(见表 23.5-35)

3）外形尺寸(见表 23.5-62)

表 23.5-62　QDA 系列二位五通先导式电磁换向阀外形尺寸　（mm）



a）二位五通单电控换向阀　b）二位五通双电控换向阀

代号 型号	M	A	B	D	E	F	G	H	W	T	S	L
Q25DA-L6	ZG1/4	55	70	7	12	79	11	40	18	18.5	24	165
Q25D2A-L6	ZG1/4	55	70	7	20	87	—	40	20	18.5	24	228
Q25DA-L12	ZG1/2	65	75	7	20	66	11	46	17.5	23.5	33	180
Q25D2A-L12	ZG1/2	65	75	7	26	72	—	46	21.5	23.5	33	240

生产单位：广东肇庆方大气动有限公司。

20. QDC 系列三位五通先导式电磁换向阀

1）工作原理。见图 23.5-17，当电磁先导阀线圈 1′和 12′均断电时，阀芯 6′在左右复位弹簧 5′、8′作用下处于中位。因阀芯结构的不同，其处于中位时有三种不同机能：中位封闭式、中位泄压式、中位加压式。图示中封式中位时，1 与气口 2、4、3、5 断开，当某一线圈通电，如线圈 1′通电（线圈 12′断电），使动铁心 2′右移，打开控制活塞 4′右端供气口，阀芯 6′左移，1→2 供气、4→5 排气。同理，当线圈 12′通电（线圈 1′断电）时，控制活塞 9′左端供气，使阀芯 6′右移，1→4 供气，2→3 排气。

2）技术规格（见表 23.5-41）

3）外形尺寸（见表 23.5-42、表 23.5-43）

21. SR、PS、VF、3K 等系列三位五通先导式电磁换向阀

其工作原理与 QDC 系列三位五通先导式电磁换向阀工作原理相同。其技术规格、外形尺寸见各自二位五通先导式电磁阀的技术规格及外形尺寸。

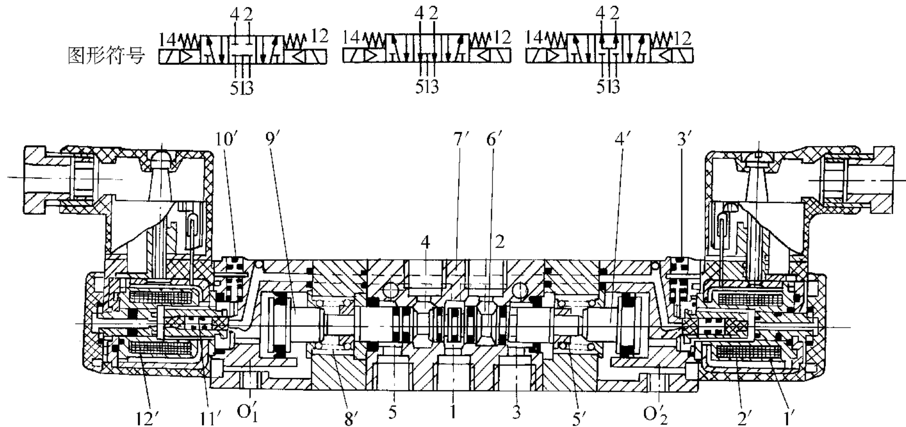


图 23.5-17　三位五通先导式电磁换向阀工作原理图

1′、12′—电磁先导阀线圈　2′、11′—动铁心　3′、10′—手动操作按钮

4′、9′—控制活塞　5′、8′—复位弹簧　6′—阀芯　7′—阀体

22. PS4130 硬质(金属)密封二位五通直动式电磁换向阀

1）工作原理。与图 23.5-10 阀的工作原理相类似。但阀芯与阀体之间的密封为金属间隙密封，从而明显地提高了阀的耐久性。

2）技术规格(见表 23.5-63)。

3）外形尺寸(见图 23.5-18)。

表 23.5-63　PS4130 硬质(金属)密封二位五通直动式电磁换向阀

接管螺纹	Rc3/8、Rc1/2	工作压力范围/MPa	0.15～0.9
工作介质	经过滤的压缩空气	有效截面积/mm²(C_v)值	43(2.39)
环境与介质温度/℃	－20～60	工作电压/V	AC：110、AC：220

注：1. 生产单位：奉化韩海机械制造有限公司。

2. 型号意义：

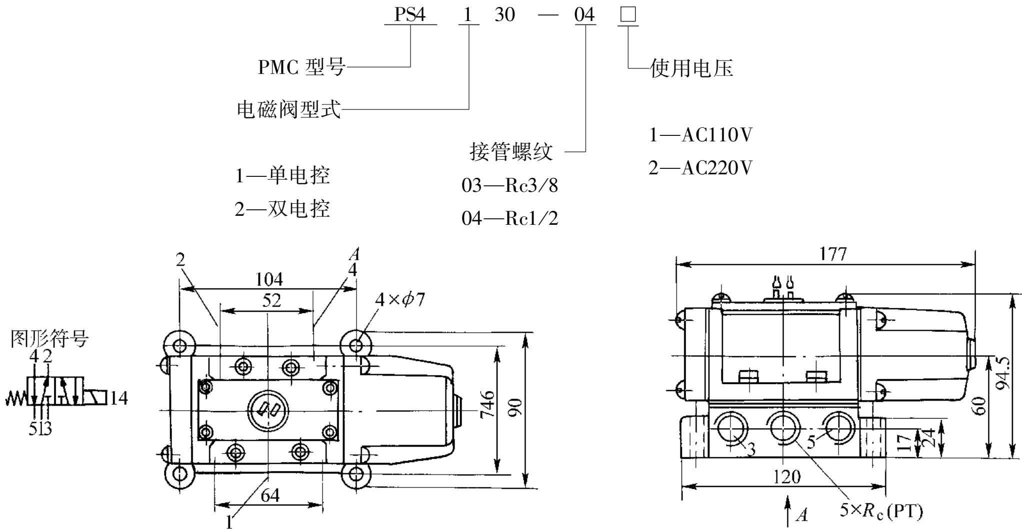


图 23.5-18　PS4130 硬质(金属)密封二位五通直动式电磁换向阀外形尺寸

23. VFS1000/2000/3000 系列硬质(金属)密封二位、三位五通先导式电磁换向阀

1）工作原理。与图 23.5-15、图 23.5-17 相同，但阀芯与阀套(阀芯与阀体的过渡套)之间密封为金属间隙密封，从而明显地提高了阀的耐久性。

2）技术规格(见表 23.5-64)。

3）外形尺寸(见表 23.5-65 及图 23.5-19)。

表 23.5-64　VFS1000/2000/3000系列硬质(金属)密封二位、三位五通先导式电磁换向阀技术规格

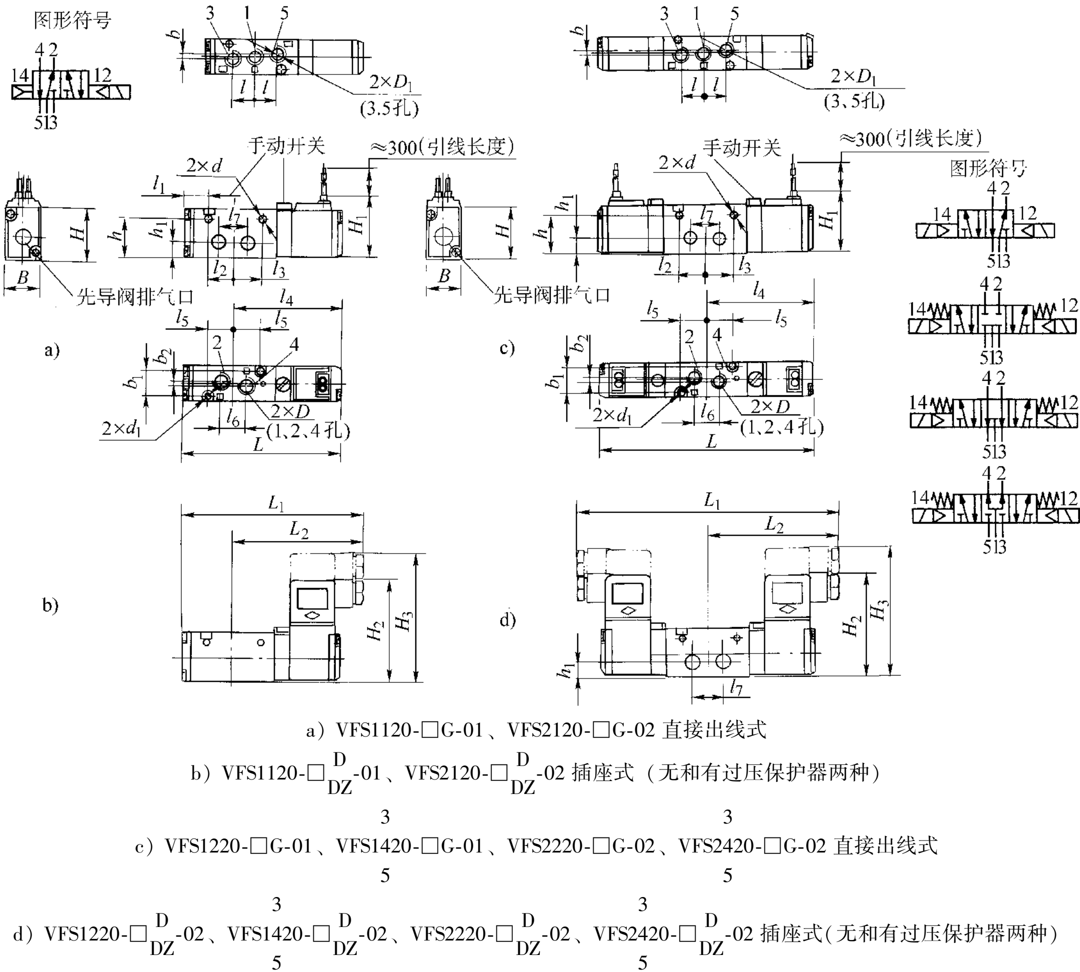
型　号	位数	电磁阀形式	接管螺纹/in 1、2、4 口	接管螺纹/in 3、5 口	工作介质	温度范围/℃	工作压力/MPa	有效截面积/mm²(C_v 值)	最高换向频率/Hz	润滑	消耗功率 AC/VA DC/W
VFS1120-□△-01	二位	单电控	1/8	1/8	经过滤的压缩干燥空气	－30～60	0.1～1.0	9(0.5)	20	有无润滑油均可	AC(220V) 3.4 DC(24V) 1.8
VFS1220-□△-01	二位	双电控									
VFS1320-□△-01	三位	中封式						7.2(0.4)	10		
VFS1420-□△-01	三位	中泄式						9(0.5)			
VFS1520-□△-01	三位	中压式						8.8(0.49)			
VFS2120-□△-02	二位	单电控	1/4	1/8				17.1(0.95)	20		
VFS2220-□△-02	二位	双电控									
VFS2320-□△-02	三位	中封式						13.5(0.75)			
VFS2420-□△-02	三位	中泄式						17.1(0.95)	10		
VFS2520-□△-02	三位	中压式						16.2(0.9)			

（续）

型　　号	位数	电磁阀形式	接管螺纹/in 1、2、4 口	接管螺纹/in 3、5 口	工作介质	温度范围/℃	工作压力/MPa	有效截面积/mm²（C_v 值）	最高换向频率/Hz	润滑	消耗功率 AC/VA DC/W
VFS3130-□△-03	二位	单电控	3/8	1/4	经过滤的压缩干燥空气	-30 ~ 60	0.1 ~ 1.0	45(2.5)	20	有无润滑油均可	AC(220V) 3.4DC (24V) 1.8
VFS3230-□△-03		双电控							25		
VFS3330-□△-03	三位	中封式							10		
VFS3430-□△-03		中泄式									
VFS3530-□△-03		中压式									

注：1. 生产单位：无锡恒立液压气动有限公司、上海利岛液压气动设备有限公司。
2. 表中□、△分别为使用电压、接电方式。
3. 型号说明与 VF$\begin{smallmatrix}1000\\3000\\5000\end{smallmatrix}$系列说明相同。
4. 1in = 0.0254m。

表 23.5-65　VFS$\begin{smallmatrix}1000\\2000\end{smallmatrix}$系列硬质（金属）密封二位、三位五通先导式电磁换向阀外形尺寸　（mm）



a）VFS1120-□G-01、VFS2120-□G-02 直接出线式

b）VFS1120-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-01、VFS2120-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02 插座式（无和有过压保护器两种）

c）VFS1$\begin{smallmatrix}3\\2\\5\end{smallmatrix}$20-□G-01、VFS1420-□G-01、VFS2$\begin{smallmatrix}3\\2\\5\end{smallmatrix}$20-□G-02、VFS2420-□G-02 直接出线式

d）VFS1$\begin{smallmatrix}3\\2\\5\end{smallmatrix}$20-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02、VFS1420-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02、VFS2$\begin{smallmatrix}3\\2\\5\end{smallmatrix}$20-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02、VFS2420-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02 插座式（无和有过压保护器两种）

（续）

型号		D	D_1	L	L_1	L_2	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6
VFS1120-□G-01	VFS1120-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-01	G1/8	G1/8	103	121	89	14.5	16.5	17	18.5	71	17	16.4
VFS1220-□G-01	VFS1220-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-01			187	151								
VFS1$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□G-01	VFS1$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-01			155.5	191.5								
VFS2120-□G-02	VFS2120-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02	G1/4	G1/8	124.5	143	108	18	25.5			89	24.25	20
VFS2220-□G-02	VFS2220-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02			182	218	110							
VFS2$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□G-02	VFS2$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02			192.5	228	120							

型号		l_7	H	H_1	H_2	H_3	h	h_1	B	b	b_1	b_2	d	d_1
VFS1120-□G-01	VFS1120-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-01	—	32.5	40	65	82	25.2	—	23	3	17	3	ϕ3.5	ϕ4.5
VFS1220-□G-01	VFS1220-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-01													
VFS1$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□G-01	VFS1$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-01													
VFS2120-□G-02	VFS2120-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02	20.4	40	—	68.5	85.5	—	6.5	26	0	21	2	0	ϕ3.5
VFS2220-□G-02	VFS2220-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02													
VFS2$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□G-02	VFS2$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-02													

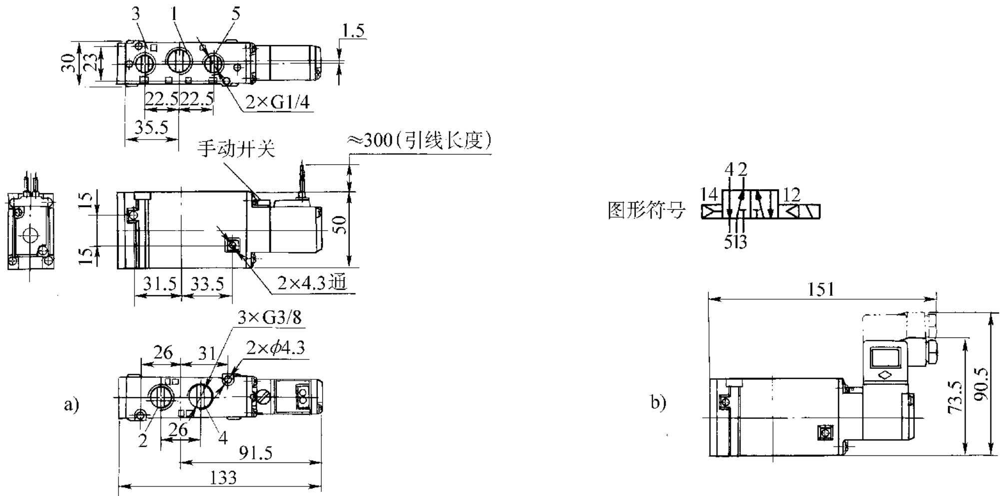


图 23.5-19 VFS3000 系列硬质(金属)密封二位、三位五通先导式电磁换向阀外形尺寸

a）VFS3130-□G-03 直接出线式

b）VFS3130-□$\begin{smallmatrix}D\\DZ\end{smallmatrix}$-03 插座式(无和有过压保护器两种)

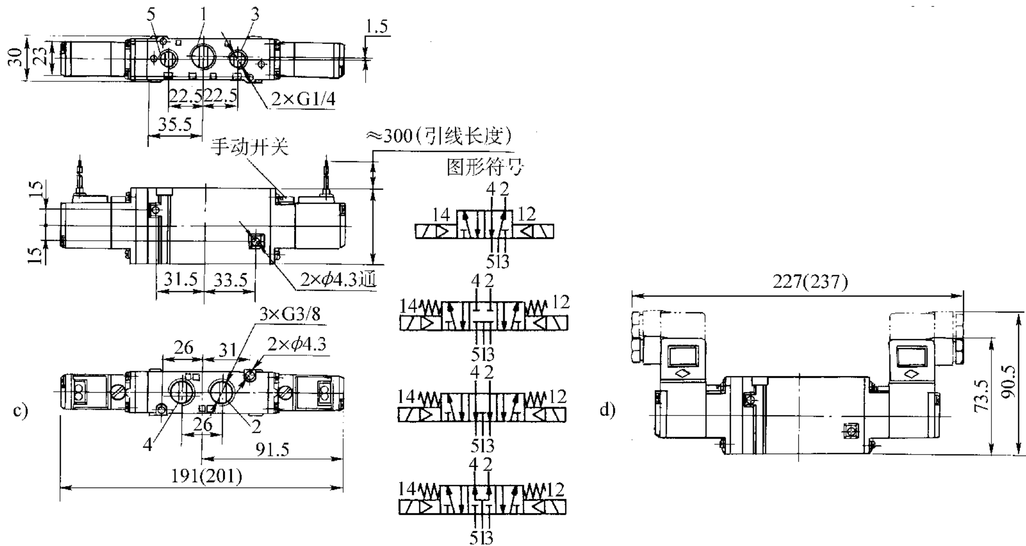


图 23.5-19　VFS3000 系列硬质(金属)密封二位、三位五通先导式电磁换向阀外形尺寸(续)

c) VFS3230-□G-03　VFS3$\frac{3}{4}$30-□G-03 直接出线式（3/4/5）

d) VFS3230-□$\frac{D}{DZ}$-03　VFS3$\frac{3}{4}$30-□$\frac{D}{DZ}$-03 插座式(无和有过压保护器两种)

1.2.2　气控阀

1. K22JK-W、K23JK-W 系列二位二通、三通单气控截止阀

1）工作原理。见图 23.5-20，该系列阀常闭型靠 K 口输入气信号使阀开启，P→A 接通；K 口无气信号时，因弹簧力作用使阀关闭(常通型与此相反)。若将该阀排气口(见表 23.5-30 附图中 O 口)堵死可做二位二通阀使用。

2）技术规格(见表 23.5-29)。

3）外形尺寸(见表 23.5-30)。

2. K23JK 系列二位三通单气控截止阀

1）工作原理与图 23.5-20 阀工作原理类似。

2）技术规格(见表 23.5-31)。

3）外形尺寸(见表 23.5-66)。

3. 23JQ 系列二位三通单气控截止阀

1）工作原理(见图 23.5-20)。

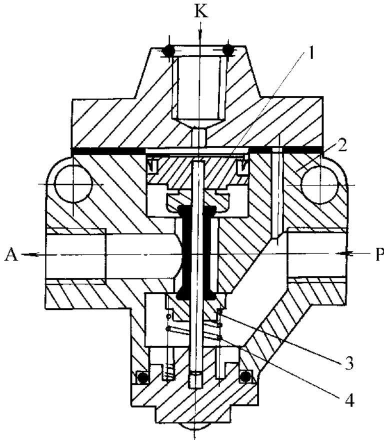
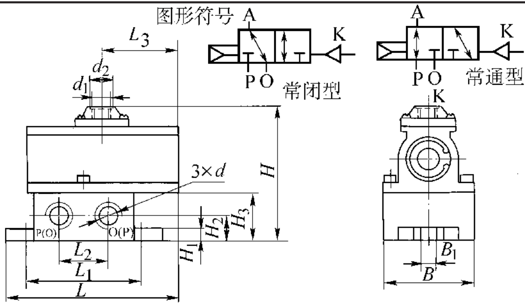


图 23.5-20　K$\frac{22}{23}$JK 系列气控截止阀工作原理图

1—活塞　2—阀体　3—阀芯　4—弹簧

表 23.5-66　K23JK 系列二位三通单气控截止阀外形尺寸　(mm)



（续）

型　号	接管螺纹 d	d_1	d_2	L	L_1	L_2	L_3	B	B_1	H	H_1	H_2	H_3
K23JK-6	M10×1（G1/8）	M10×1	ϕ14	88	68	28	37	56	7	85	8	14	23
K23JK-8	M12×1.25（G1/4）												
K23JK-10	M16×1.5（G3/8）			117	86	36	52	65	7	103	12	17.5	34
K23JK-15	M20×1.5（G1/2）												
K23JK-20	M27×2（G3/4）			164	130	55	68	86	11	135	15	28	50
K23JK-25	M33×2（G1）												

注：生产单位：烟台未来自动装备有限公司。

2）外形尺寸(见表23.5-67)。

表23.5-67　23JQ系列二位三通单气控截止阀

（mm）

图形符号

型　号	d_1/in	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
23JQ-L25	1	128	96	106	86	25
23JQ-L32	1¼	116		100		
23JQ-L40	1½	148	112	124	100	30
23JQ-L50	2	136		118		

型　号	d_2-6H	d_3	H	h_1	h_2	h_3
23JQ-L25	M10	G1/8	132	107	85	52.5
23JQ-L32						
23JQ-L40	M12		160	131	104	66.5
23JQ-L50						

4. JQ23系列二位三通气控换向滑阀

1）工作原理图23.5-21a所示为单气控换向滑阀工作原理图。常断型当无气控信号K时P与A气口断开；当有气控信号时靠阀芯的面积差，在气压作用下阀芯换向P与A气口接通(按括号中的气口接法为常通型)。图23.5-21b所示为双气控换向阀，当气控信号K_1(或K_2)输入时，控制阀芯换向，使气口P→A断(或通)。

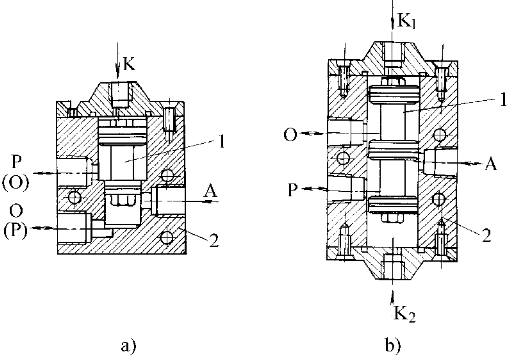


图23.5-21　二位三通气控换向滑阀工作原理图
a）单气控　b）双气控

2）技术规格(见表23.5-68)。

3）外形尺寸(见图23.5-22)。

5. JQ25系列二位五通气控换向滑阀

1）工作原理。如图23.5-23a所示为单气控换向

表 23.5-68　JQ23(二位三通)、JQ25(二位五通)系列气控换向滑阀技术规格

型号					公称通径 /mm	接管口径	工作介质	工作温度 /℃	工作压力 /MPa	控制压力 /MPa
二位三通	JQ230630	二位五通	JQ250630	单气控	6	G1/4	经净化的压缩空气	5～60	0～1.0	0.2～1.0
	JQ230830		JQ250830		8	G1/4				
	JQ231030		JQ251030		10	G3/8				
	JQ231530		JQ251530		12	G1/2				
	JQ230631		JQ250631	双气控	6	G1/4				
	JQ230831		JQ250831		8	G1/4				
	JQ231031		JQ251031		10	G1/2				
	JQ231531		JQ251531		12	G1/2				

注：生产单位：重庆嘉陵气动元件厂。

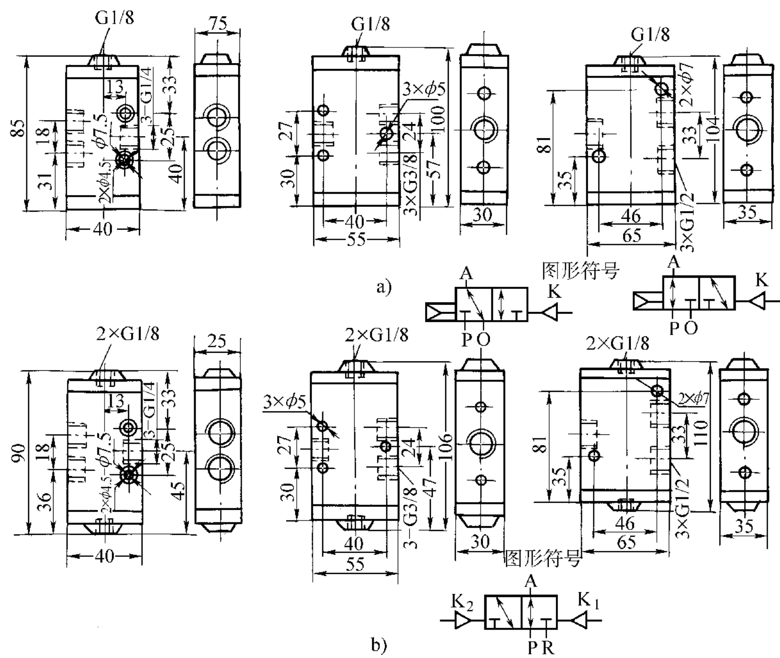


图 23.5-22　JQ23 系列二位三通气控换向滑阀外形尺寸

a）单气控常断(通)型　b）双气控

滑阀，无气控信号 14 时，靠阀芯①的面积差，在气压作用下使 1→2 接通、4→5 排气；当有气控信号 14 时，1→4 接通，2→3 排气。

图 23.5-23b 所示为双气控换向滑阀，气控信号

12 控制阀芯①使气口 2 输出；气控信号 14，使气口 4 有输出。

2）技术规格(见表 23.5-68)。

3）外形尺寸(见图 23.5-24)。

6. QQC 系列二位、三位五通气控换向滑阀

1）工作原理与图 23.5-23 所示阀工作原理类似。

2）技术规格(见表 23.5-69)

3）外形尺寸(见表 23.5-70、表 23.5-71)。

7. VFA、PMV 系列二位五通气控换向阀

1）工作原理。与图 23.5-23 阀的工作原理类似。

2）技术规格(见表 23.5-72)。

3）外形尺寸(见表 23.5-73、表 23.5-74)

1.2.3　多种流体、多用途换向阀

1. PDW2120 系列多种流体二位二通直动截止式电磁换向阀

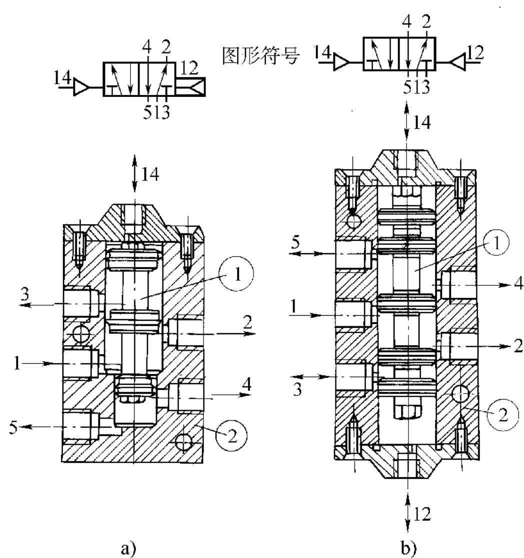


图 23.5-23　二位五通气控换向滑阀工作原理图

a）单气控　b）双气控

①—阀芯　②—阀体

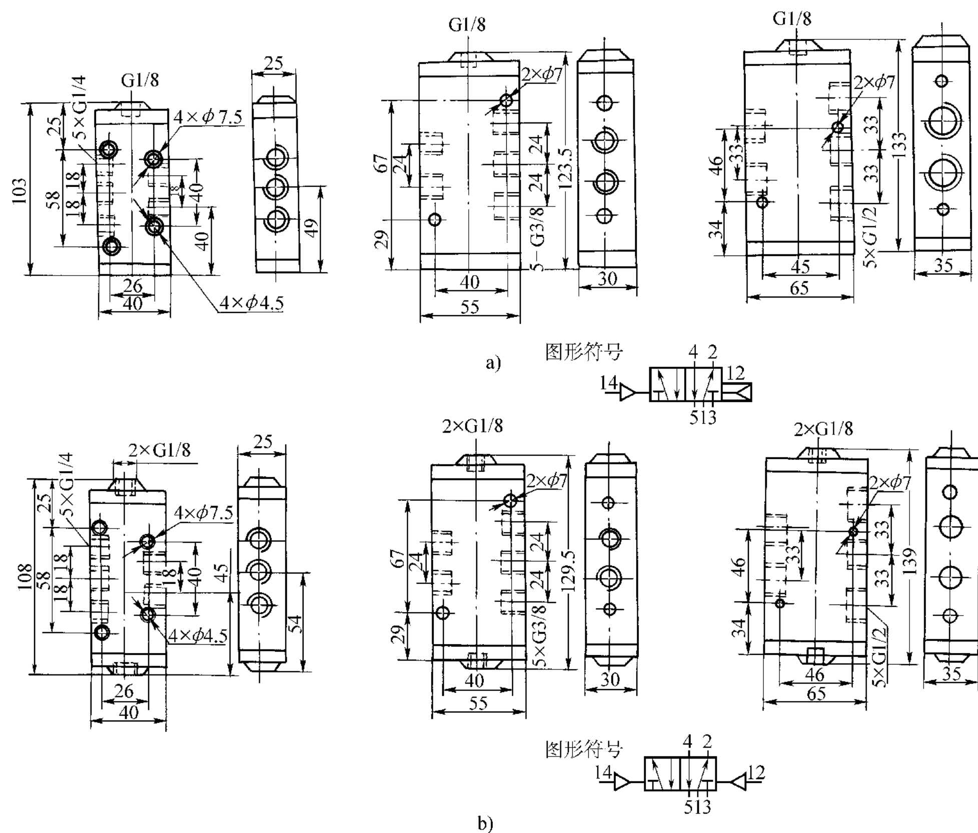


图 23.5-24　JQ25 系列二位五通气控换向滑阀外形尺寸

a）单气控　b）双气控

表 23.5-69　QQC 系列二位、三位五通气控换向滑阀技术规格

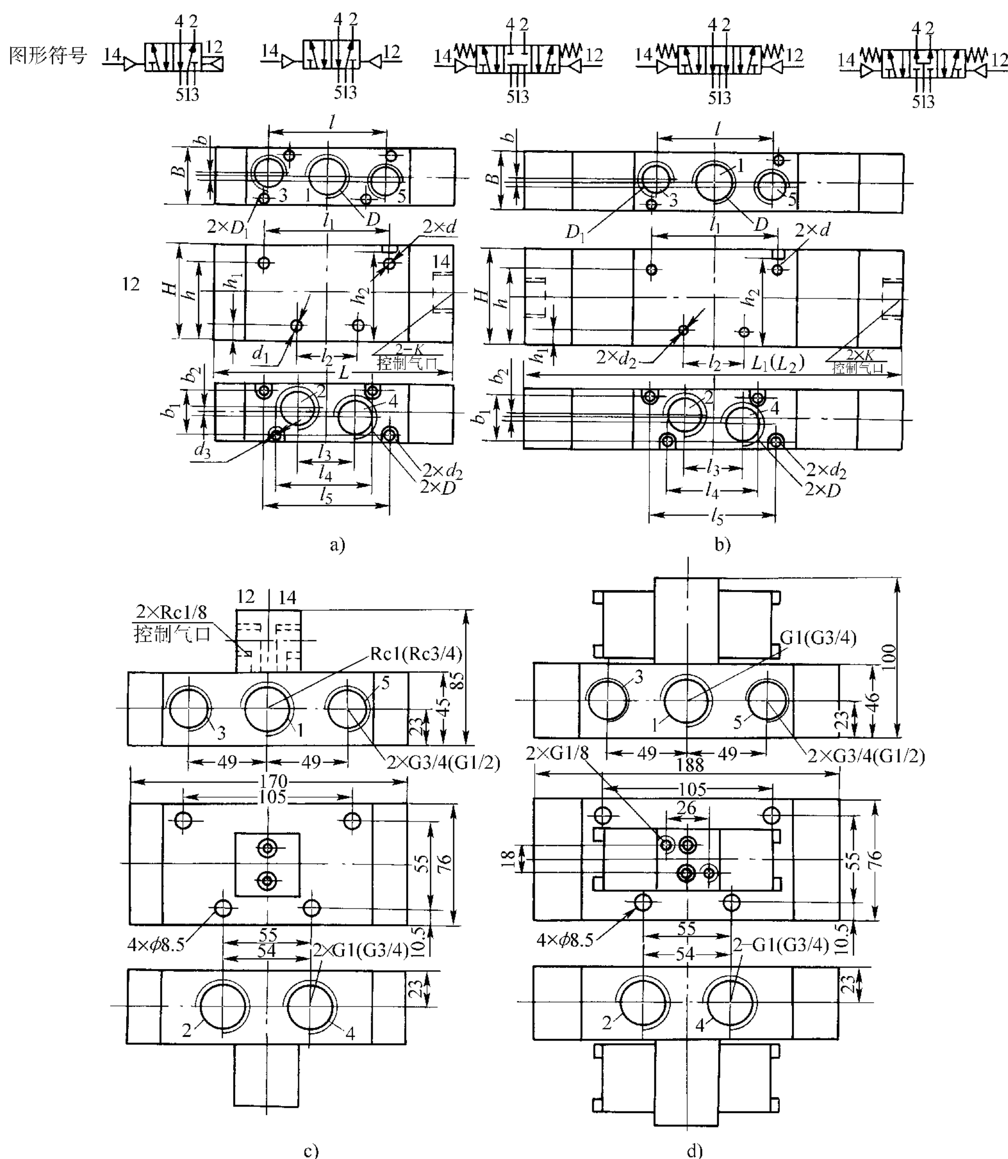
公称通径/mm	3	6	8	10	15	20	25
工作介质	经过滤的压缩空气，可有油或无油润滑						
工作压力范围/MPa	0.15～0.8						
使用温度范围/℃	-5～50(但不结冰)						
最低控制压力/MPa	≤0.5						

（续）

有效截面积/mm^2	二位阀	≥3	≥10	≥20	≥40	≥60	≥110	≥190
	三位阀	≥3	≥5	≥10	≥20	≥40	≥60	≥110
换向时间/s		≤0.03	≤0.04		≤0.06		≤0.1	

注：生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司。无锡市华通气动制造有限公司生产类似产品。

表 23.5-70　QQC 系列二位、三位五通管接式气控换向阀外形尺寸　（mm）



a）Q25QC-L6～L15　b）$Q25Q_2C$-L6～L15，$Q35Q_2C$-L6～L15

c）Q25QC-L25(20)、$Q25Q_2C$-L25(20)　d）$Q35Q_2C$-L25(20)

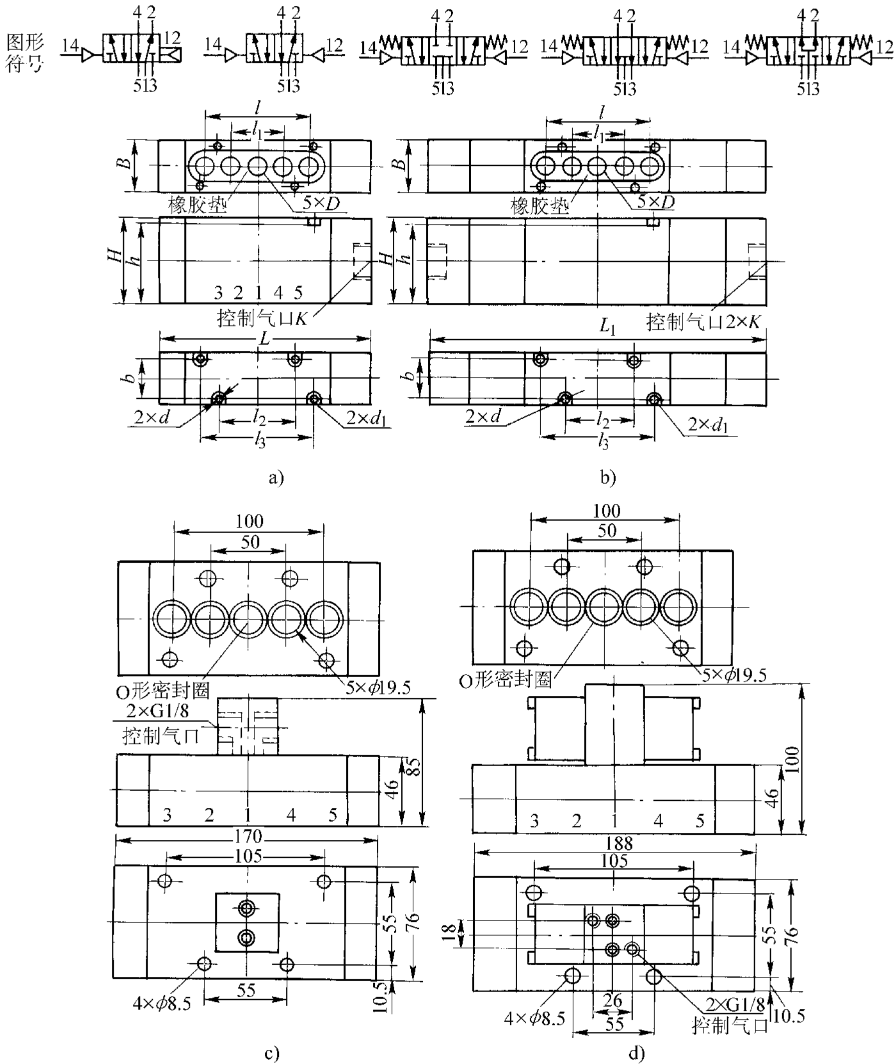
（续）

型号						D	D_1	K	L	L_1	L_2	l	l_1	l_2	l_3	l_4
单气控二位五通	Q25QC-L6	双气控二位五通	$Q25Q_2C$-L6	双气控三位五通	$Q35Q_2C$-L6	G1/8	G1/8	G1/8	72	80	100	29	34.4	0	16	34.4
	Q25QC-L8		$Q25Q_2C$-L8		$Q35Q_2C$-L8	G1/4	G1/4	G1/8	94	102	150	42	0	21	21	0
	Q25QC-L10		$Q25Q_2C$-L10		$Q35Q_2C$-L10	G3/8	G1/4	G1/8	107	115	174	50	54	0	26	40
	Q25QC-L15		$Q25Q_2C$-L15		$Q35Q_2C$-L15	G1/2	G3/8	G1/8	122	130	194	60	65	32	30	0

型号						l_5	B	b	b_1	b_2	H	h	h_1	h_2	d	d_1	d_2	d_3
单气控二位五通	Q25QC-L6	双气控二位五通	$Q25Q_2C$-L6	双气控三位五通	$Q35Q_2C$-L6	0	28	1.2	13	2	28	21.5	0	25	$\phi3.3$	0	0	$\phi3.3$
	Q25QC-L8		$Q25Q_2C$-L8		$Q35Q_2C$-L8	40	22	5	17	3	35	0	6	32	0	$\phi4.5$	$\phi3.3$	0
	Q25QC-L10		$Q25Q_2C$-L10		$Q35Q_2C$-L10	0	28	0	22	4	40	33	0	36	$\phi4.5$	0	0	$\phi4.5$
	Q25QC-L15		$Q25Q_2C$-L15		$Q35Q_2C$-L15	65	30	4	23	5	50	40	8	46	$\phi4.5$	$\phi4.5$	$\phi4.5$	0

注：图中括号内尺寸 L_2 为三位阀的尺寸。

表 23.5-71　QQC 系列二位、三位五通板接式气控换向阀外形尺寸　（mm）



a)　b)　c)　d)

a） Q25QC-6～L15　b） $Q25Q_2C$-6～L15，$Q35Q_2C$-6～L15

c） Q25QC-25(20)、$Q25Q_2C$-25(20)　d） $Q35Q_2C$-25(20)

（续）

型　号						D	K	L	L_1	l	l_1	l_2	l_3	B	b	H	h	d	d_1
单气控二位五通	Q25QC-6	双气控二位五通	$Q25Q_2C$-6	双气控三位五通	$Q35Q_2C$-6	ϕ4.5	G1/8	72	80 (100)	28	14	34.4	0	18	13	28	25	ϕ3.3	0
	Q25QC-8		$Q25Q_2C$-8		$Q35Q_2C$-8	ϕ7	G1/8	94	102 (150)	42	21	0	40	22	17	35	32	0	ϕ3.3
	Q25QC-10		$Q25Q_2C$-10		$Q35Q_2C$-10	ϕ8.5	G1/8	107	115 (174)	50	25	40	0	28	22	40	36	ϕ4.5	0
	Q25QC-15		$Q25Q_2C$-15		$Q35Q_2C$-15	ϕ10.5	G1/8	122	130 (194)	60	30	0	65	30	23	50	46	0	ϕ4.5

注：表中括号内的尺寸为三位阀的尺寸。

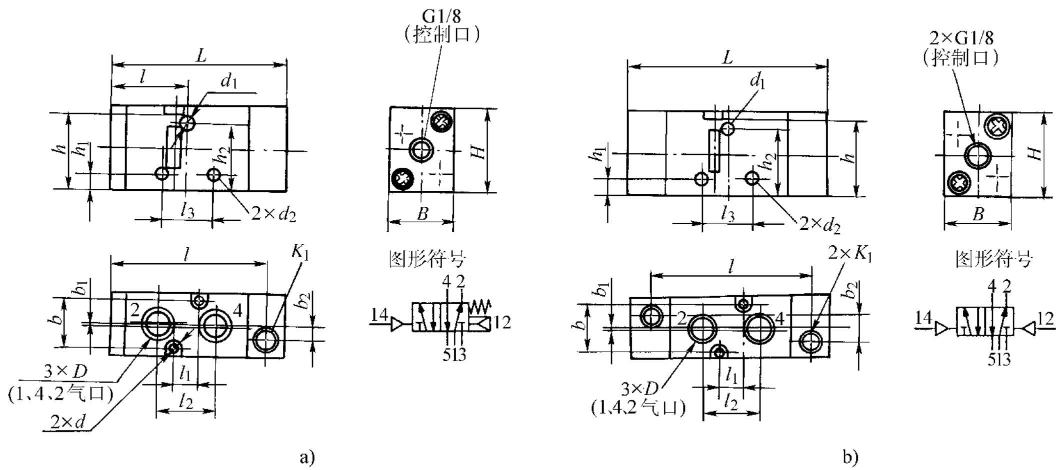
表 23.5-72　VFA、PMV 系列二位五通气控换向阀技术规格

型　号	接管螺纹（1、2、4 口）	气信号	工作介质	环境及介质温度 /℃	工作压力范围 /MPa	气控压力范围① /MPa	有效截面积/mm^2（C_v 值）	最高换向频率 /Hz	润滑
VFA3130	G1/4	单气控	经过滤的压缩空气	−5 ~ 50	0.15 ~ 0.9	(0.04 × p + 0.1) ~ 0.9	18(1)		有无润滑油均可
VFA3230		双气控			0.1 ~ 0.9				
VFA5120	G3/8	单气控			0.15 ~ 0.9		45(2.5)		
VFA5220		双气控							
PMV120S	Rc1/2	单气控			0.15 ~ 0.9		80(4.44)	5	
PMV120D		双气控							
PMV340S	Rc3/4	单气控					90(5.0)		
PMV340D		双气控							

① 公式中 p 为气源压力（MPa）。

生产单位：无锡恒立液压气动有限公司、上海利岛液压气动设备有限公司（生产 VFA 系列产品）、奉化韩海机械制造有限公司（生产 PMV 系列、接管螺纹 Rc1/4 ~ Rc3/4 产品）。

表 23.5-73　VFA3000、5000 系列二位五通单、双气控换向阀外形尺寸　（mm）



a） VFA3130-02、VFA5120-03 单气控　b） VFA3230-02、VFA5220-03 双气控

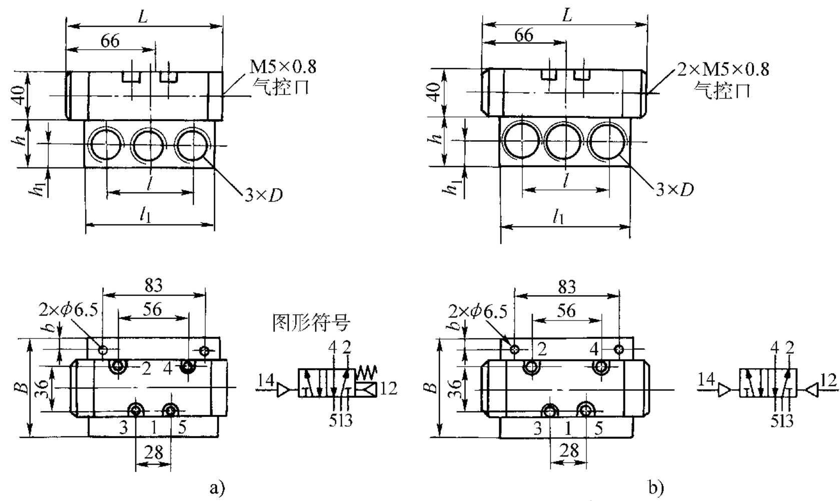
（续）

型　　号	D①	K_1	L	l	l_1	l_2	l_3	l_4	B
VFA3130-02	G1/4	G1/8	70.5	63	10	23	20.5	25.5	26
VFA5120-03	G3/8	0	103	0	44	28	27	48	32
VFA3230-02	G1/4	G1/8	80	65	10	23	20.5		26
VFA5220-03	G3/8	0	110	0	44	28	27		32

型　　号	b	b_1	b_2	H	h	h_1	h_2	d	d_1	d_2
VFA3130-02	20	1	5.5	35	31.5	7	0	ϕ4.3	0	ϕ4.3
VFA5120-03	24	3		45	40	4	36	ϕ4.5	ϕ4.9	ϕ4.9
VFA3230-02	20	1	11	35	31.5	7	0	ϕ4.3	0	ϕ4.3
VFA5220-03	24	3		45	40	4	36	ϕ4.5	ϕ4.5	ϕ4.5

① 奉化韩海机械制造有限公司 PMV 系列产品为 Rc 圆锥螺纹。

表 23.5-74　PMV120、PMV340 系列二位五通单、双气控换向阀外形尺寸　　（mm）



a）PMV120S、PMV340S 单气控　b）PMV120D、PMV340D 双气控

型　　号		D	L	l	l_1	h	h_1	B	b
PMV120S	单气控二位五通	Rc1/2	123.5	64	95	36	19	70	6
PMV340S		Rc3/4	123.5	68	105	40	19.5	99.5	7.5
PMV120D	双气控二位五通	Rc1/2	132	64	95	36	19	70	6
PMV340D		Rc3/4	132	68	105	40	19.5	79.5	7.5

1）工作原理。如图 23.5-25 所示。该换向阀靠电磁线圈 2 通电直接带动阀芯（动铁心）4 向上运动使流体通道 P 与 A 接通；当电磁线圈 2 断电时（图示状态）靠弹簧 3 作用使阀芯 4 向下运动关闭 P 与 A 的通道。

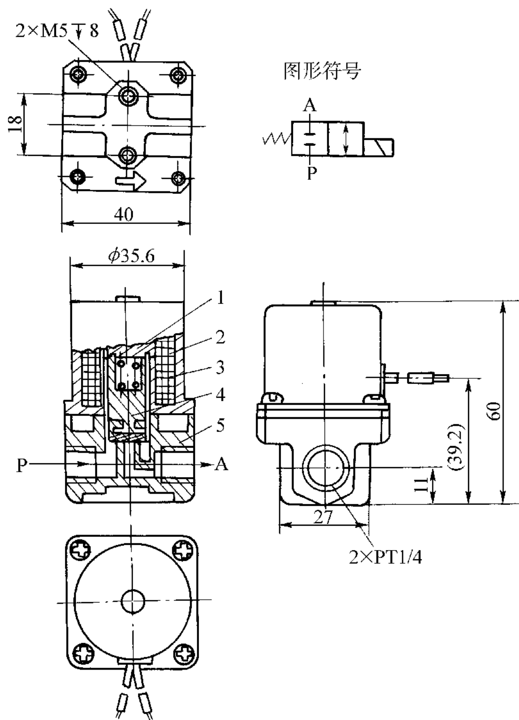


图 23.5-25　PDW2120 系列多种流体二位二通直动截止式电磁换向阀外形尺寸

2）技术规格（见表 23.5-75）。

3）外形尺寸（见图 23.5-25）。

表 23.5-75　PDW 系列 2120 多种流体二位二通直动截止式电磁换向阀技术规格

通径/mm	2	3	4
工作介质	空气、水、油		
环境温度/℃	5～60		
工作压力范围/MPa	0～1.0		
有效截面积/mm^2（C_v 值）	2.7（0.15）	5.5（0.3）	7.4（0.4）
消耗功率/VA	AC110V：6.4　AC220V：7		

注：1. 生产单位：奉化韩海机械制造有限公司。
2. 型号意义：

PDW2120—03—AC220V

型号：PDW2120

公称通径：02——2mm；03——3mm；04——4mm

使用电压：AC110V；AC220V；DC24V

2. AB31、AB41、GAB31、GAB41 系列多种流体二位二通直动截止式电磁换向阀

1）工作原理（见图 23.5-25）。

2）技术规格（见表 23.5-76）。

3）外形尺寸（见表 23.5-77～表 23.5-79）。

表 23.5-76　AB31、AB41、GAB31、GAB41 系列多种流体二位二通直动截止式电磁换向阀技术规格

型号 \ 规格	公称通径/mm	AB 接管螺纹	有效截面积/mm^2（C_v 值）	最高工作压差/MPa						
				空气		水、煤油		油（50mm^2/s）		蒸汽
				AC	DC	AC	DC	AC	DC	DC
AB310-1-1	1.5	ZG1/8	1.8（0.1）	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	0.10
AB310-1-2	2.0		2.7（0.15）	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00
AB310-1-3	3.0		6.2（0.31）	1.06	0.50	0.70	0.50	0.50	0.50	0.70
AB310-1-4	3.5		8.2（0.42）	0.60	0.40	0.50	0.40	0.40	0.40	0.50
AB310-1-5	4.0		10.5（0.54）	0.40	0.25	0.30	0.25	0.25	0.25	0.30
AB310-1-6	5.0		15.3（0.80）	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
AB310-2-1	1.5	ZG1/4	1.8（0.1）	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	0.10
AB310-2-2	2.0		2.7（0.15）	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00
AB310-2-3	3.0		6.2（0.31）	1.06	0.50	0.70	0.50	0.50	0.50	0.70
AB310-2-4	3.5		8.2（0.42）	0.60	0.40	0.50	0.40	0.40	0.40	0.50
AB310-2-5	4.0		10.5（0.54）	0.40	0.25	0.30	0.25	0.25	0.25	0.30
AB310-2-6	5.0		15.3（0.80）	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

（续）

规格 型号	公称通径/mm	AB接管螺纹	有效截面积/mm^2（C_v值）	最高工作压差/MPa						
				空气		水、煤油		油（$50mm^2/s$）		蒸汽
				AC	DC	AC	DC	AC	DC	DC
AB410-2-1	1.5	ZG1/4	1.8(0.1)	5.00	4.00	4.5	4.00	4.00	4.00	1.00
AB410-2-2	2.0		2.7(0.15)	3.00	2.50	2.7	2.50	2.50	2.50	1.00
AB410-2-3	3.0		6.2(0.31)	1.50	0.90	1.30	0.90	0.90	0.90	1.30
AB410-2-4	3.5		8.2(0.42)	1.20	0.60	0.90	0.60	0.60	0.60	0.90
AB410-2-5	4.0		10.5(0.54)	1.00	0.50	0.70	0.50	0.50	0.50	0.70
AB410-2-6	5.0		15.3(0.80)	0.60	0.25	0.40	0.25	0.25	0.25	0.40
AB410-2-7	7.0		26.4(1.0)	0.25	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.20
AB410-3-1	1.5	ZG3/8	1.8(0.1)	5.00	4.00	4.50	4.00	4.00	4.00	1.00
AB410-3-2	2.0		2.7(0.15)	3.00	2.50	2.70	2.50	2.50	2.50	1.00
AB410-3-3	3.0		6.2(0.31)	1.50	0.90	1.30	0.90	0.90	0.90	1.30
AB410-3-4	3.5		8.2(0.42)	1.20	0.60	0.90	0.60	0.60	0.60	0.90
AB410-3-5	4.0		10.5(0.54)	1.00	0.50	0.70	0.50	0.50	0.50	0.70
AB410-3-6	5.0		15.3(0.80)	0.60	0.25	0.40	0.25	0.25	0.25	0.40
AB410-3-7	7.0		26.4(1.0)	0.25	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.20
AB410-3-8	10.0	ZG3/8	40.6(1.88)	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	
AB410-4-8	10.0	ZG1/2	40.6(1.88)	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	

规格		AB310 GAB310		AB410 GAB410	
额定电压/V		AC：110、220、24；DC：12、24、48、100			
频率/Hz		50	60	50	60
视载功率/VA	起动时	20.0	16.0	35.0	27.0
	保持	14.0	11.0	22.0	17.0
消耗功率/W	AC	6.0	4.2	8.3	6.2
	DC	11.0	11.0	11.0	11.0
允许电压波动范围(%)		±10			
介质温度/℃		空气、水、煤油 -10~+60；蒸汽 -10~184			

注：1. 生产单位：无锡市华通气动制造有限公司。

2. 型号意义：

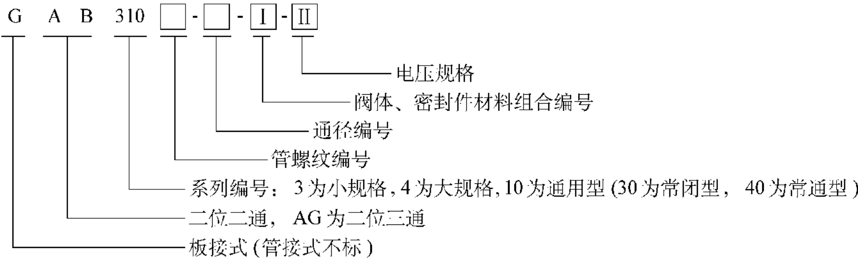
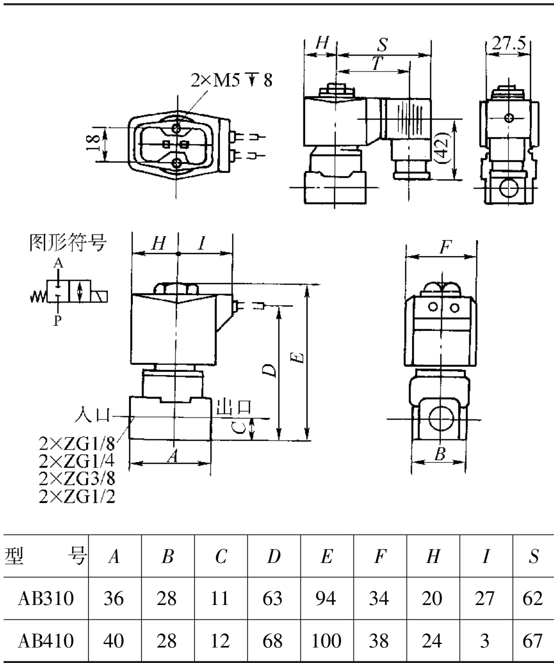


表 23.5-77　AB31、41 系列多种流体二位二通电磁换向阀单件阀管接式安装外形尺寸

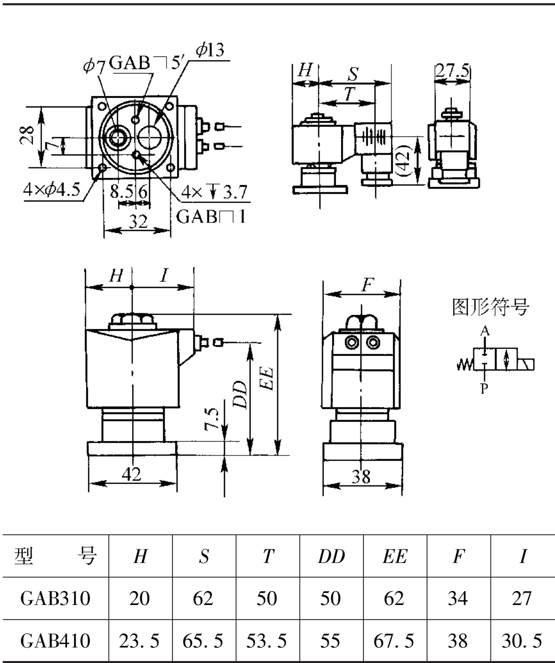
（mm）



型　号	A	B	C	D	E	F	H	I	S
AB310	36	28	11	63	94	34	20	27	62
AB410	40	28	12	68	100	38	24	3	67

表 23.5-78　GAB31、41 系列多种流体二位二通电磁换向阀板接式安外形尺寸

（mm）



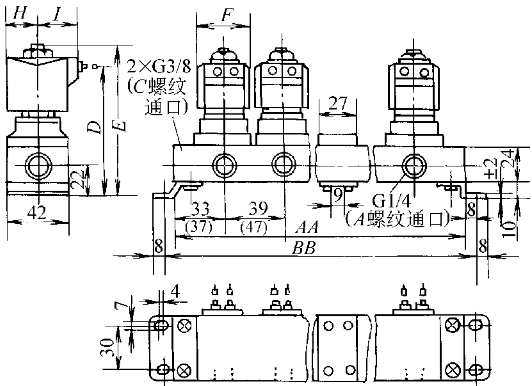
型　号	H	S	T	DD	EE	F	I
GAB310	20	62	50	50	62	34	27
GAB410	23.5	65.5	53.5	55	67.5	38	30.5

表 23.5-79　GAB31、GAB41 系列多种流体二位二通电磁换向阀集装式安装外形尺寸

（mm）

型　号	D	E	F	H	I
GAB312(352)	84	96	34	20	27
GAB412(452)	89	101.5	38	23	30.5

连数 \ 尺寸	AA	BB	构成
2	106(122)	132(138)	2×1
3	145(139)	161(185)	2×1
4	212(242)	228(258)	2×1
5	228(263)	239(279)	2×1
6	290(338)	306(354)	2×1
7	329(385)	345(401)	5+2
8	368(432)	384(448)	5+3
9	435(507)	451(538)	3×3
10	446(526)	462(542)	5×2



3. AG、GAG 系列多种流体二位三通直动截止式电磁换向阀

1）工作原理。与图 23.5-8 阀的工作原理相同。

2）技术规格(见表 23.5-80)。

3）外形尺寸(见表 23.5-81～表 23.5-83)。

表 23.5-80　AG、GAG 系列多种流体二位三通直动截止式电磁换向阀技术规格

（mm）

型号		公称通径/mm		AG接管螺纹	有效截面积/mm^2（C_v 值）		最高工作压差/MPa					
							空气		水、煤油		油（$50mm^2/s$）	
		上阀口	下阀口		上阀口	下阀口	AC	DC	AC	DC	AC	DC
AG310-1-1	GAG310-1-1	1.5	1.5	ZG1/8	1.6(0.09)	1.6(0.09)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60
AG310-1-2	GAG310-1-2	2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.25	0.20
AG310-2-1	GAG310-2-1	1.5	1.5	ZG1/4	1.6(0.09)	1.6(0.09)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60
AG310-2-2	GAG310-2-2	2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.25	0.20
AG410-2-1	GAG410-2-1	2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	1.00	0.70	1.00	0.70	0.40	0.30
AG410-2-2	GAG410-2-2	2.3	2.3		3.5(0.19)	3.5(0.19)	0.70	0.40	0.70	0.40	0.25	0.15
AG410-3-1	GAG410-3-1	2.0	2.0	ZG3/8	2.7(0.15)	2.7(0.15)	1.00	0.70	1.00	0.70	0.40	0.30
AG410-3-2	GAG410-3-2	2.3	2.3		3.5(0.19)	3.5(0.19)	0.70	0.40	0.70	0.40	0.25	0.15
AG330-1-1	GAG330-1-1	1.5	1.5	ZG1/8	1.6(0.09)	1.6(0.09)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
AG330-1-2	GAG330-1-2	2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
AG330-2-1	GAG330-2-1	1.5	1.5	ZG1/4	1.6(0.09)	1.6(0.09)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
AG330-2-2	GAG330-2-2	2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
AG430-2-4	GAG430-2-4	3.0	3.0		6.0(0.31)	6.0(0.31)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
AG430-2-5	GAG430-2-5	3.0	3.5		6.0(0.31)	8.2(0.40)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
AG430-3-4	GAG430-3-4	3.0	3.0	ZG3/8	6.0(0.31)	6.0(0.31)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
AG430-3-5	GAG430-3-5	3.0	3.5		6.0(0.31)	8.2(0.40)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
AG340-1-1		1.5	1.5	ZG1/8	1.6(0.09)	1.6(0.09)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
AG340-1-2		2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	0.70	0.45	0.70	0.60	0.30	0.20
AG340-2-1		1.5	1.5	ZG1/4	1.6(0.09)	1.6(0.09)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
AG340-2-2		2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	0.70	0.45	0.70	0.60	0.30	0.20
AG440-2-1		2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	1.20	0.75	1.50	1.00	1.00	0.45
AG440-2-3		3.0	2.0	ZG1/4	2.7(0.15)	6.0(0.31)	1.20	0.75	1.50	0.90	1.00	0.45
AG440-2-4		3.0	3.0		6.0(0.31)	6.0(0.31)	0.40	0.30	0.50	0.30	0.30	0.20
AG440-3-1		2.0	2.0	ZG3/8	2.7(0.15)	2.7(0.15)	1.20	0.75	1.50	1.00	1.00	0.45
AG440-3-3		3.0	2.0		2.7(0.15)	6.0(0.31)	1.20	0.75	1.50	0.90	1.00	0.45
AG440-3-4		3.0	3.0		6.0(0.31)	6.0(0.31)	0.40	0.30	0.50	0.30	0.30	0.20
AG340-1-1		1.5	1.5	ZG1/8（进气口）	1.6(0.09)	1.6(0.09)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7
AG340-1-2		2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	0.45	0.45	0.70	0.60	0.30	0.20

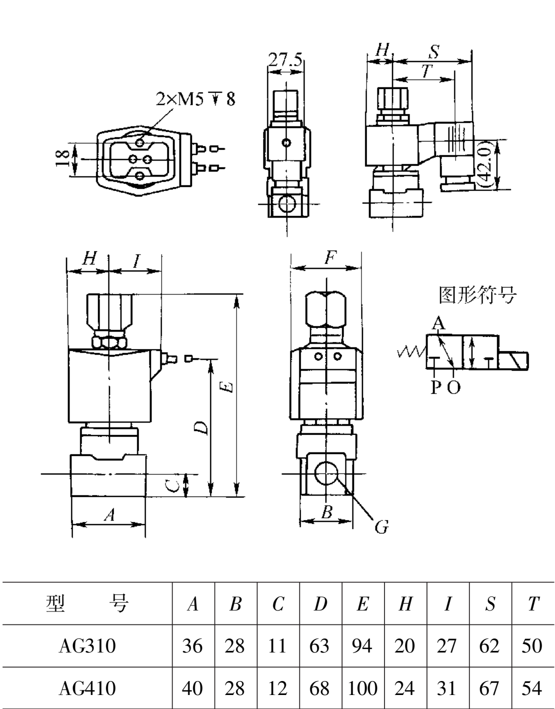
（续）

项目 型号	公称通径/mm 上阀口	公称通径/mm 下阀口	AG接管螺纹	有效截面积/mm^2（C_v 值）上阀口	有效截面积/mm^2（C_v 值）下阀口	最高工作压差/MPa 空气 AC	空气 DC	水、煤油 AC	水、煤油 DC	油（$50mm^2/s$）AC	油（$50mm^2/s$）DC
AG340-2-1	1.5	1.5	ZG1/4（进气口）	2.7(0.15)	2.7(0.15)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
AG340-2-2	2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	0.70	0.45	0.70	0.60	0.30	0.20
AG440-2-1	2.0	2.0		2.7(0.15)	2.7(0.15)	1.20	0.75	1.50	1.00	1.00	0.45
AG440-2-3	3.0	2.0		2.7(0.15)	6.0(0.31)	1.20	0.75	1.50	0.90	1.00	0.45
AG440-2-4	3.0	3.0		6.0(0.31)	6.0(0.31)	0.40	0.30	0.50	0.30	0.30	0.20
AG440-3-1	2.0	2.0	ZG3/8（进气口）	2.7(0.15)	2.7(0.15)	1.20	0.75	1.50	1.00	1.00	0.45
AG440-3-3	2.0	2.0		2.7(0.15)	6.0(0.31)	1.20	0.75	1.50	0.90	1.00	0.45
AG440-3-4	3.0	3.0		6.0(0.31)	6.0(0.31)	0.40	0.30	0.50	0.30	0.30	0.20

规格		AG3		AG4	
额定电压/V		AC：110、24、220；DC：12、24、48、100			
频率/Hz		50	60	50	60
视载功率/VA	起动时	20.0	16.0	35.0	27.0
	保持	14.0	11.0	22.0	17.0
消耗功率/W	AC	6.0	4.2	8.3	6.2
	DC	11.0	11.0	11.0	11.0
允许电压波动范围(%)		±10			
介质温度/℃		-10～60			

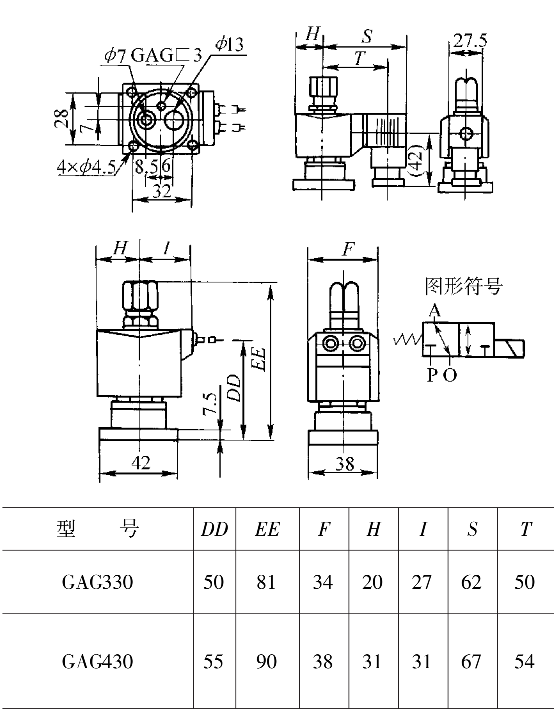
生产单位：无锡市华通气动制造有限公司。

表 23.5-81　AG 系列多种流体二位三通电磁换向阀单件阀管接式外形尺寸　（mm）



型号	A	B	C	D	E	H	I	S	T
AG310	36	28	11	63	94	20	27	62	50
AG410	40	28	12	68	100	24	31	67	54

表 23.5-82　GAG 系列多种流体二位三通电磁换向阀单件板接式外形尺寸　（mm）



型号	DD	EE	F	H	I	S	T
GAG330	50	81	34	20	27	62	50
GAG430	55	90	38	31	31	67	54

表 23.5-83　GAG 系列多种流体二位三通电磁换向阀集装安装外形尺寸

（mm）

型　　号	H	I	D	E
GAG331	20	27	84	115
GAG431	24	31	89	124

尺寸 / 型号	AA	BB	构　　成
2	106(122)	132(138)	2×1
3	145(139)	161(185)	2×1
4	212(242)	228(258)	2×1
5	228(263)	239(279)	2×1
6	290(338)	306(354)	2×1
7	329(385)	345(401)	5+2
8	368(432)	384(448)	5+3
9	435(507)	451(538)	3+3
10	446(526)	462(542)	5×2

4. K2 系列(串联安装)二位二通、三通直动式微型电磁阀

1）工作原理。如图 23.5-8 所示阀的工作原理相同(堵死图 23.5-26 中排气口 3 为二通阀)。

2）技术规格(见表 23.5-84)。

3）外形尺寸(见图 23.5-26)。

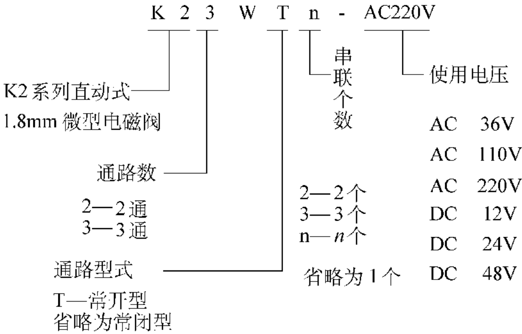
表 23.5-84　K2 系列(串联安装)二位二通、三通直动式微型电磁阀技术规格

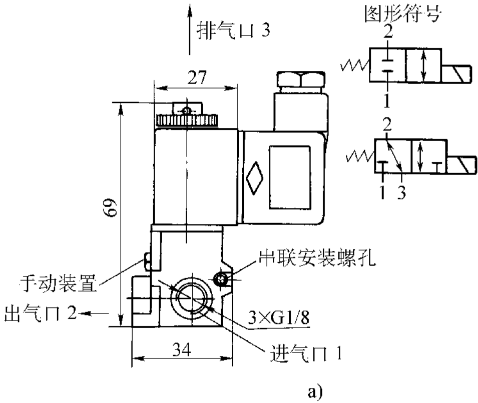
通　径/mm	1.8	最高换向频率/Hz	11.7
工作介质	空气、真空、中性气体	消耗功率 AC/VA DC/W	AC：8.5 DC：4.8
介质与环境最高温度/℃	45	润滑	有无润滑油均可
工作压力范围/MPa	0～1	耐久性/百万次	40～50
最大流量①/L·min^{-1}	53		

① 为压力 0.6MPa 和 Δp=0.1MPa 时的流量。

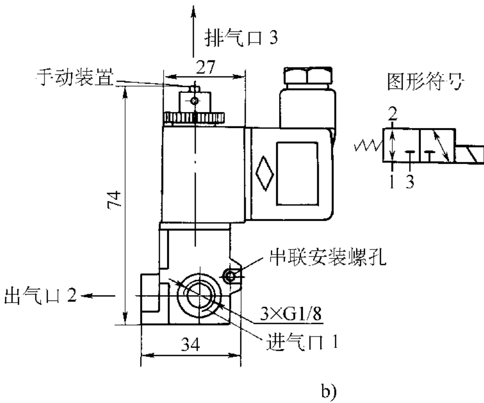
注：1. 生产单位：无锡恒立液压气动有限公司，上海利岛液压气动设备有限公司。

2. 型号意义：





a)



b)

图 23.5-26　K2 系列二位二通、三通直动式微型电磁阀外形尺寸
a）二位二通、二位三通常闭型　b）二位三通常开型

5. PT315 型二位三通直动式电磁换向阀

1）工作原理（见图 23.5-10）。

2）技术规格（见表 23.5-85）。

表 23.5-85　PT315 型二位三通直动式电磁换向阀技术规格

接管螺纹		$Rc(P_T)1/4$
工作介质		空气、惰性气体
环境与介质温度/℃		0～50
工作压力范围/MPa		0～1.0
有效截面积/mm^2（C_v 值）		7.2(0.4)
电压/V		AC：220，110　DC：24
消耗功率	AC/VA	启动 16
	DC/W	6
接电方式		直接出线式

生产单位：奉化韩海机械制造有限公司。

3）外形尺寸（见图 23.5-27）

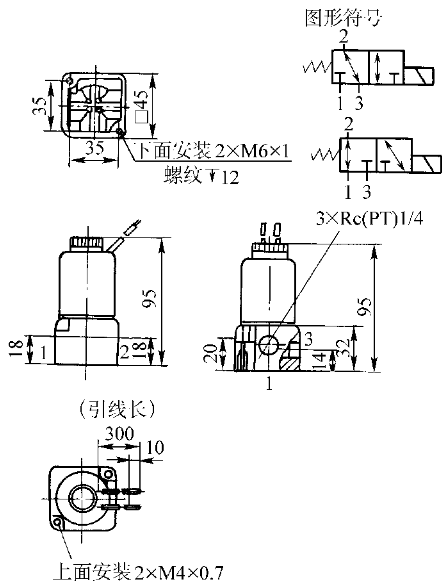


图 23.5-27　PT315 型二位三通直动式电磁阀外形尺寸

6. APK21 系列多种流体二位二通直动活塞式换向阀

1）工作原理。如图 23.5-28 所示，靠电控阀（或气控阀）从控制口 B 输进压缩空气（A 口排气）带动活塞 1、连杆 2、密封压盖 3 向上运动，使阀体 4 内流体流动；相反，由控制阀从 A 口输入压缩空气（B 口排气）则可切断阀体内的流体流动。角座式结构便于实现大流量控制。

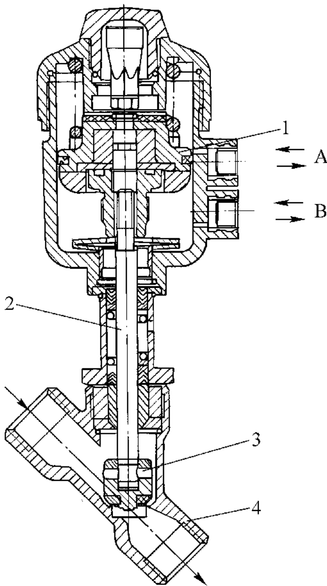


图 23.5-28　APK21 系列多种流体二位二通直动活塞式换向阀工作原理图
1—活塞　2—连杆
3—压盖　4—阀体

2）技术规格（见表 23.5-86）。

3）外形尺寸（见表 23.5-87）。

7. APK01、APK11 系列多种流体二位二通先导活塞式电磁阀（可用于真空等）

1）工作原理与图 23.5-12b 阀的工作原理类似。

2）技术规格（见表 23.5-88）。

3）外形尺寸（见表 23.5-89）。

8. 09270、09550 系列多种流体二位二通先导膜片式电磁阀

1）工作原理与图 23.5-12a 阀的工作原理类似。

2）技术规格（见表 23.5-90）。

3）外形尺寸（见表 23.5-91）。

9. PPS 系列二位二通先导活塞式电磁换向阀（蒸汽阀）

1）工作原理如图 23.5-12b 所示阀的工作原理类似。

2）技术规格（见表 23.5-92）。

3）外形尺寸（见图 23.5-29、表 23.5-93、表 23.5-94）。

10. Q24JQ(G) 高温型二位四通单气控截止式换向阀

表 23.5-86　APK21 系列多种流体二位二通直动活塞式换向阀技术规格

订货号				公称通径/mm	接管螺纹/in	工作介质	K_v 值/$m^3 \cdot h^{-1}$	最大工作压力/MPa	要求最小控制压力/MPa	执行器内径/mm
常闭型		常开型								
锡青铜	不锈钢	锡青铜	不锈钢							
APK21D-15B	APK21N-15B	APK21D-15C	APK21N-15C	15	12	蒸汽(温度达180℃)、气体、腐蚀性液体	4.2	0～1.6	0.39	50
APK21D-20B	APK21N-20B	APK21D-20C	APK21N-20C	20	3/4		8	0～1.1	0.39	50
APK21D-25B	APK21N-25B	APK21D-25C	APK21N-25C	25	1		19	0～1.1	0.42	63
APK21D-32B	APK21N-32B	APK21D-32C	APK21N-32C	32	1¼		27.5	0～1.5	0.5	80
APK21D-40B	APK21N-40B	APK21D-40C	APK21N-40C	40	1½		42	0～1.25	0.44	100
APK21D-50B	APK21N-50B	APK21D-50C	APK21N-50C	50	2		55	0～1.1	0.32	125
APK21D-65B	APK21N-65B	APK21D-65C	APK21N-65C	64	2½		90	0～0.52	0.32	125

注：1. 生产单位：无锡恒立液压气动有限公司，上海利岛液压气动设备有限公司。

2. 型号意义：

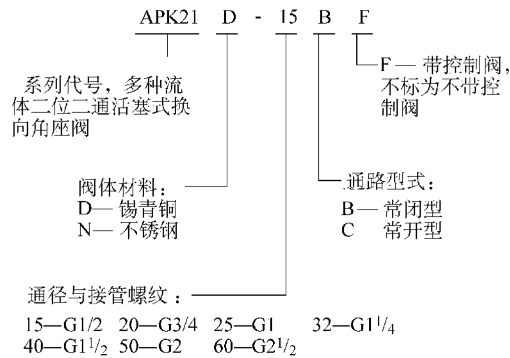


表 23.5-87　APK21 系列多种流体二位二通直动活塞式换向阀外形尺寸　　(mm)

公称通径	接管螺纹 D	执行器内径	A	B	C	E	F	G	H	AW
15	G1/2	50	85	173	12	64	44	112	137	27
20	G3/4	50	95	178	12	64	44	112	145	32
25	G1	63	105	212	14	80	52	120	173	41
32	G1¼	80	120	255	16	101	60	128	210	50
40	G1½	100	130	301	18	127	73	141	260	55
50	G2	125	150	346	20	153	86	154	301	70
65	G2½	125	150	346	20	153	86	154	301	70

表 23.5-88　APK01、APK11 系列多种流体二位二通先导活塞式电磁阀技术规格

型　号①	通径/mm	接管螺纹/in	工作介质	介质②温度/℃	工作压力/MPa	耐压/MPa	有效截面积/mm² (C_v 值)	最高工作压差/MPa							消耗功率	
								空气		水、煤油		油(20cSt)		蒸汽	AC/VA	DC/W
								AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC		
APK01-08A-○△□	3	1/4	空气、惰性气体、真空(1.33kPa)、水、煤油、油(<20cSt)温水、蒸汽	-10~60 (5~180)	0~2.0	4.0	6(0.31)	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0	13	10
APK11-08A-○△□	12						35(2.2)								22	15
APK11-10A-○△□	12	3/8					46(2.7)								22	15
APK11-15A-○△□	16	1/2					88(4.5)		0.6		0.6		0.5		24	18.5
APK11-20A-○△□	23	3/4					162(8.6)								33	25
APK11-25A-○△□	28	1	空气、惰性气体、真空(1.33kPa)水、煤油、油(<20cSt)温水、蒸汽	-10~60 (5~180)	0~2.0	4.0	231(12)	1.0	0.6	1.0	0.6	0.8	0.5	1.0	33	25

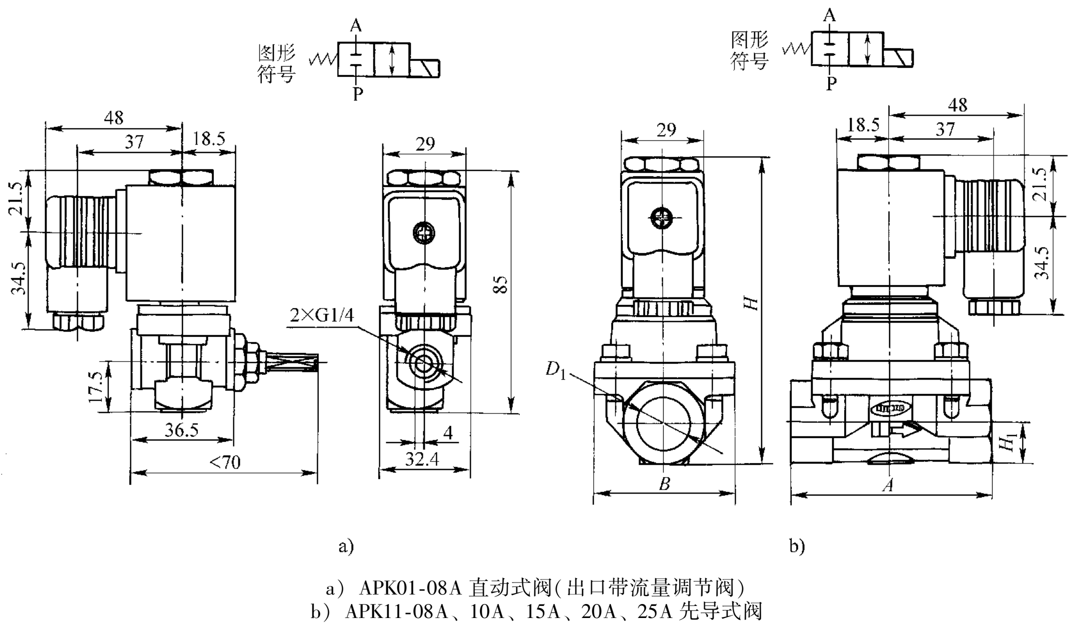
① ○—阀体、密封件组合代号。
② 温水、蒸汽温度：5~180℃。
注：1. 生产单位：无锡恒立液压气动有限公司、上海利岛液压气动设备有限公司。
2. 型号意义：

代号	阀体	阀密封件	使 用 场 合
	锡青铜	丁腈橡胶	空气、煤气、真空、水、煤油
B		氟橡胶	耐热用
C		聚四氟乙烯	蒸汽用
D	不锈钢	丁腈橡胶	腐蚀性流体
E		氟橡胶	耐热腐蚀性流体
F		聚四氟乙烯	溶剂型、腐蚀性流体

△—接电方式：
G—直接出线式
D—DIN 插座式
Dz—插座式带指示灯和过压保护器
□—使用电压：
3—AC110V　4—AC220V
5—DC24V　6—DC12V

3. 1in = 0.0254m。
4. 1cSt = $10^{-6}m^2/s$。

表 23.5-89　APK01、APK11 系列多种流体二位二通直动、先导活塞式电磁阀外形尺寸（mm）



a）APK01-08A 直动式阀(出口带流量调节阀)
b）APK11-08A、10A、15A、20A、25A 先导式阀

（续）

型 号	D_1/in	A	B	H	H_1
APK11-08A-○D□	1/4	50	46	95	11.5
APK11-10A-○D□	3/8				
APK11-15A-○D□	1/2	71	50	119.5	14.5
APK11-20A-○D□	3/4	80	60	126.5	17.5
APK11-25A-○D□	1	90	71	137.5	22.5

表 23.5-90 09270、09550 系列多种流体二位二通先导膜片式电磁阀技术规格

型号① 常闭型	型号① 常开型	通径/mm	接管螺纹/in	工作介质	配用②线圈	工作压力③范围/MPa	K_v 值/$M^3 \cdot h^{-1}$	换向频率/Hz	型 号	线圈 0200 线圈 0201	线圈 0270 线圈 0271
0927000	0955105	8	1/4	中性、弱酸性、弱碱性的水、油、气体	0200 0210 0270 0271	0.07～1.0	1.15	≥0.5	工作电压/V	DC：24 AC：24 36 220	
0927100	0955205	10	3/8				1.7				
0927200	0955305	12	1/2				1.7		消耗功率 AC/VA DC/W	AC：15 DC：12	AC：13 DC：11
0927300	0955405	20	3/4				5.1				
0927400	0955505	25	1				5.35	≥0.3			
0927500	0955605	32	1¼			0.1～1.6	20		相对湿度(%)	≤80	≤90
0927600	0955705	40	1½				25		温度/℃	<100	<80
0927700	0955805	50	2				43		防爆等级		mⅠ/ⅡT4

① 中性介质无尾注，弱酸性、弱碱性介质加尾注 P，高温介质(80～150℃)加尾注 H。

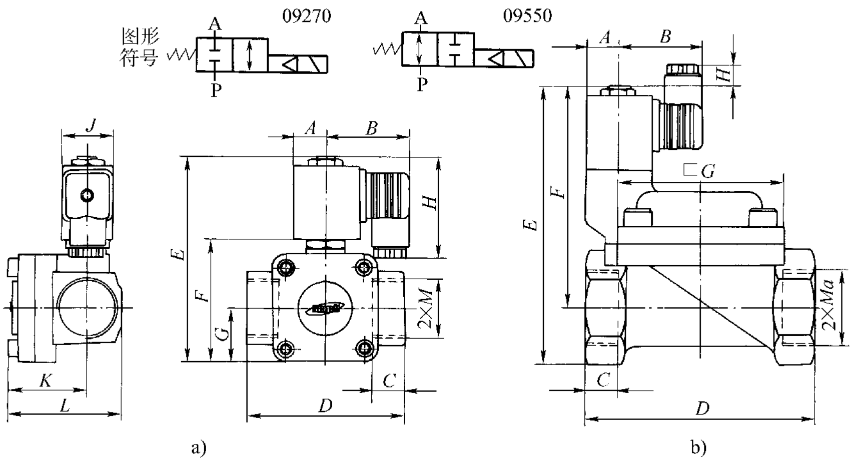
② 另可选用防爆线圈。

③ 流体运动粘度需低于 $25mm^2/s$，通径 8～25mm 流体运动粘度低于 $1mm^2/s$ 时为 0.07～1.6MPa。

生产单位：无锡恒立液压气动有限公司，上海利岛液压气动设备有限公司。

表 23.5-91 09270、09550 系列多种流体二位二通先导膜片式电磁阀外形尺寸

（mm）



a）0927000～0927400、0955105～0955505

b）092750～0927700、0955605～0955805

（续）

型　　号		M/in	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
0927000	0955105	1/4	18	50	12	55	101	55	22	60	30	33.5	47
0927100	0955205	3/8	18	50	12	55	101	55	22	60	30	33.5	47
0927200	0955305	1/2	18	50	14	55	101	55	22	60	30	33.5	47
0927300	0955405	3/4	18	50	16	81	118	72	30	60	30	45.5	63.5
0927400	0955505	1	18	50	18	91	118	72	30	60	30	45.5	66
0927500	0955605	1½	18	50	18	132	169	135.5	96	18	—	—	—
0927600	0955705	1½	18	50	18	132	169	135.5	96	18	—	—	—
0927700	0955805	2	18	50	20	160	188	147.5	112	18	—	—	—

表 23.5-92　PPS 系列二位二通先导活塞式电磁换向阀(蒸汽阀)技术规格

型　　号	通　径 /mm	接管口径	工作介质	流体温度 /℃	环境温度 /℃	工作压力 /MPa	耐　压 /MPa	有效截面积 /mm² (C_v 值)	使用电压 /V	消耗功率 /VA
PPS2120	10	R_C1/4	蒸汽	-5 ~ 180 (但不结冰)	-5 ~ 60	0.04 ~ 0.7	1.5	32(1.8)	AC110 AC220 DC24	AC：110 AC：220 19
PPS2130	10	R_C3/8						32(1.8)		
PPS2140	15	R_C1/2						76(4.2)		
PPS2150	24	R_C3/4						150(8.5)		
PPS2160	27	R_C1						220(12)		
PPS2170	35	R_C1¼						430(24)		
PPS2180	40	R_C1½						540(30)		
PPS2190	50	R_C2						860(48)		

生产单位：奉化韩海机械制造有限公司(除生产上表中 PPS 系列蒸汽阀外,还生产 PPW2120 ~ 2190 系列多种流体阀)。

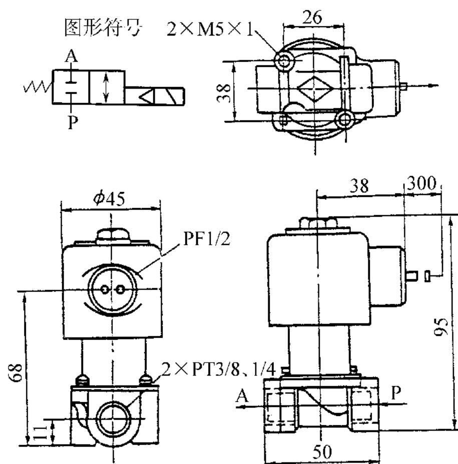
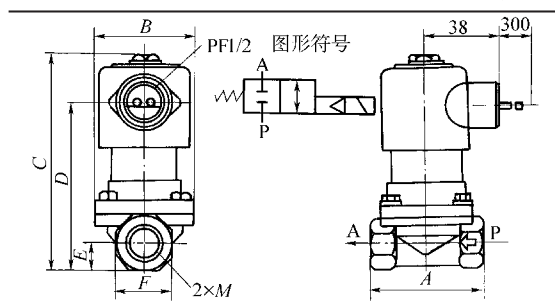


图 23.5-29　PPS2120、2130 二位二通先导活塞式电磁换向阀外形尺寸

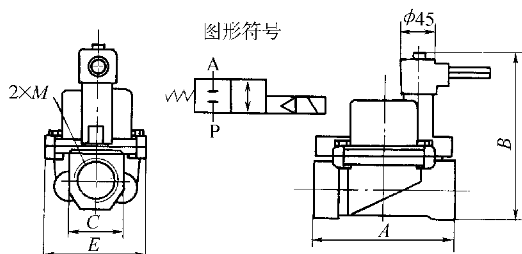
表 23.5-93　PPS2140 ~ 2160 系列二位二通先导活塞式电磁换向阀外形尺寸　(mm)



（续）

型　号	接管螺纹	A	B	C	D	E	F
PPS2140	R_C1/2	67	50	100	75	14.5	29
PPS2150	R_C3/4	85	62	120	95	18.0	36
PPS2160	R_C1	95	73	145	120	22.5	45

表 23.5-94　PPS2170 ~ 2190 系列二位二通先导活塞式电磁换向阀外形尺寸　(mm)



型　号	接管螺纹	A	B	C	E
PPS2170	R_C1¼	145	165	56	102
PPS2180	R_C1½	145	165	56	102
PPS2190	R_C2	175	206	70	118

1）工作原理。如图 23.5-30 所示，在 K 口无信号时，P→B 气口通、A→O 气口通；当 K 口有气信号时两个阀芯 2 同时下移，P→A 气口通、B→O 气口通。该阀 K、P、A、B 分别有两个气口，不用的气口可各堵死一个。

2）技术规格(见表 23.5-95)。

3）外形尺寸(见图 23.5-30)。

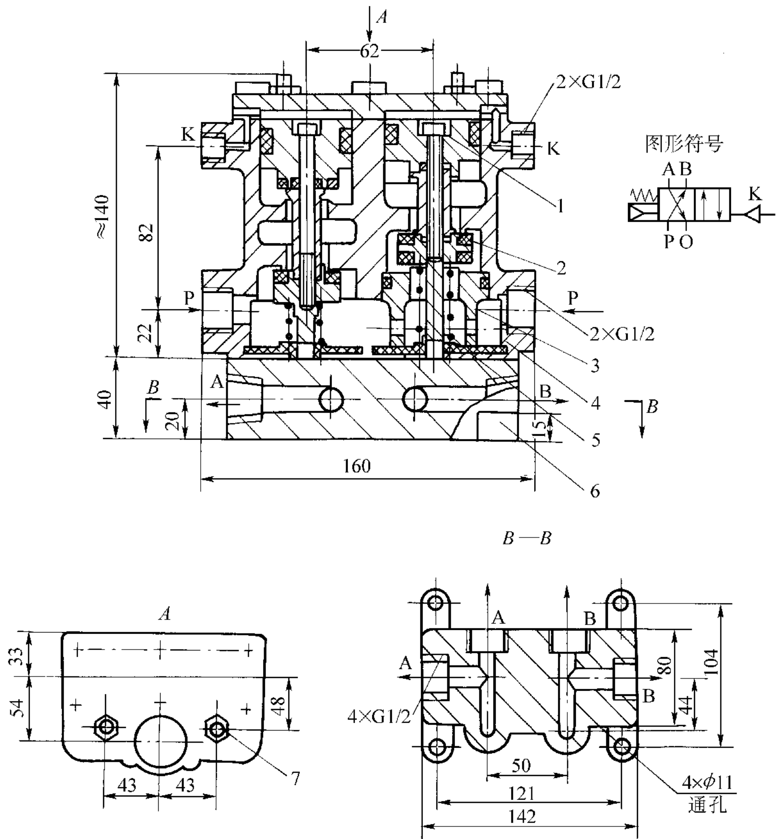


图 23.5-30　Q24JQ(G)高温型二位四通单气控截止式换向阀工作原理、外形尺寸图

1—活塞　2—阀芯　3—阀座　4—阀体
5—弹簧　6—阀座　7—气流速度调节杆

表 23.5-95　Q24JQ(G)高温型二位四通单气控截止式换向阀技术规格

型　　号	Q24JQ(G)-L15
公称通径/mm	15
工作介质	经过滤的压缩空气， 可有油或无油润滑
使用温度/℃	5 ~ 150
工作压力范围/MPa	0.2 ~ 0.8
最低控制压力/MPa	≤0.5
有效截面积/mm^2	≥60
换向时间/s	≤0.06

生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司。

1.2.4　人力控制换向阀

1. $Q23R_1C$、$Q25R_1C$ 系列按钮式手动换向阀

1）工作原理。如图 23.5-31 所示，为二位三通、五通按钮式手动换向阀的工作原理图，图 a 为复位状态 1 与 2 口接通，4 与 5 口接通；当手按下按钮 14 后（图 b）1 与 4 口接通，2 与 3 口接通，手放开，靠弹簧复位。（如果阀内有锁紧装置,手放开仍能自锁保持图 b 状态。）二位三通按钮式手动换向阀工作原理与上述阀相同。

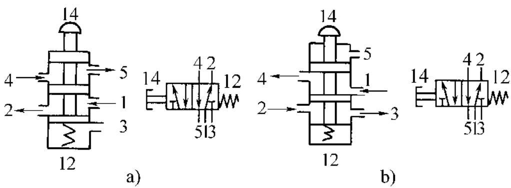


图 23.5-31　二位三通、五通按钮式手动换向阀工作原理图

2）技术规格（见表 23.5-96）。

3）外形尺寸（见表 23.5-97、表 23.5-98）。

表 23.5-96　C 系列人力控制换向阀技术规格

操作方式	按钮式	旋钮式（直动式）	推拉式	垂直转柄式（直动式）	按钮式	旋钮式（先导式）	推拉式	垂直转柄式（先导式）
公称通径/mm	3				8			
工作介质	经过滤、干燥的压缩空气							
环境温度范围/℃	-25~80（但不结冰）							
工作压力范围/MPa	0~0.8				0.15~0.8		0~0.8	0.15~0.8
有效截面积/mm^2	≥3				≥20			
操作力/N	≤30		≤50	≤30	≤30		≤100	
工作行程（旋转角度）/mm	2	2.5（90°）		2（45°）	2	2（90°）		2（45°）

注：1. 生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司，重庆嘉陵气动元件厂、烟台未来自动装备有限公司、无锡市华通气动制造有限公司也生产类似产品。

2. 型号意义：

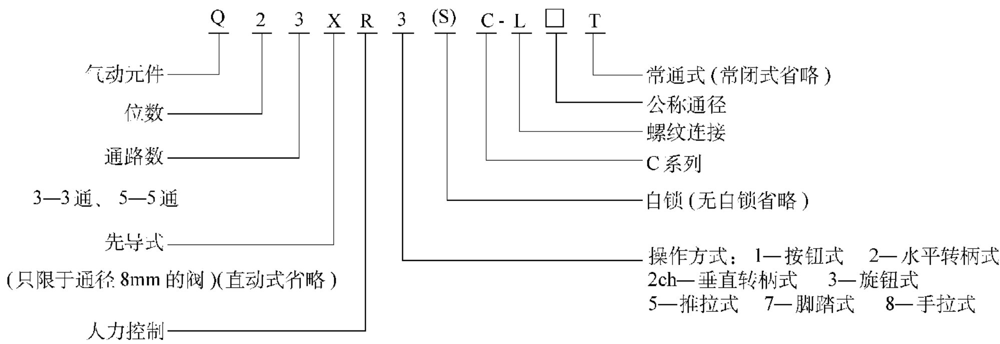
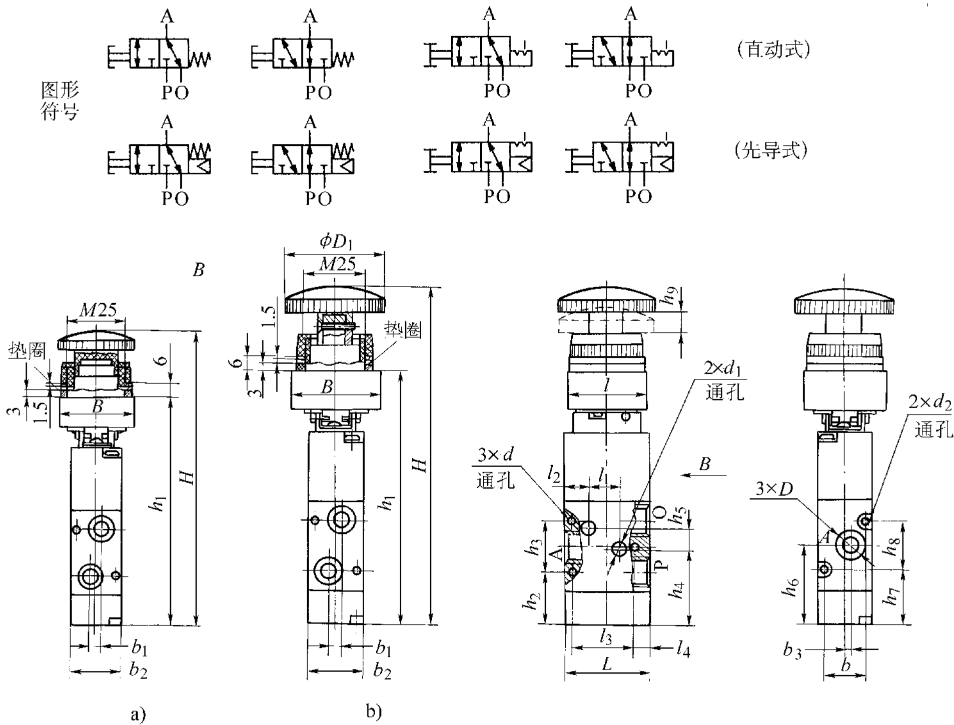


表 23. 5-97 Q23R$_1$C 系列二位三通按钮式手动换向阀外形尺寸 (mm)



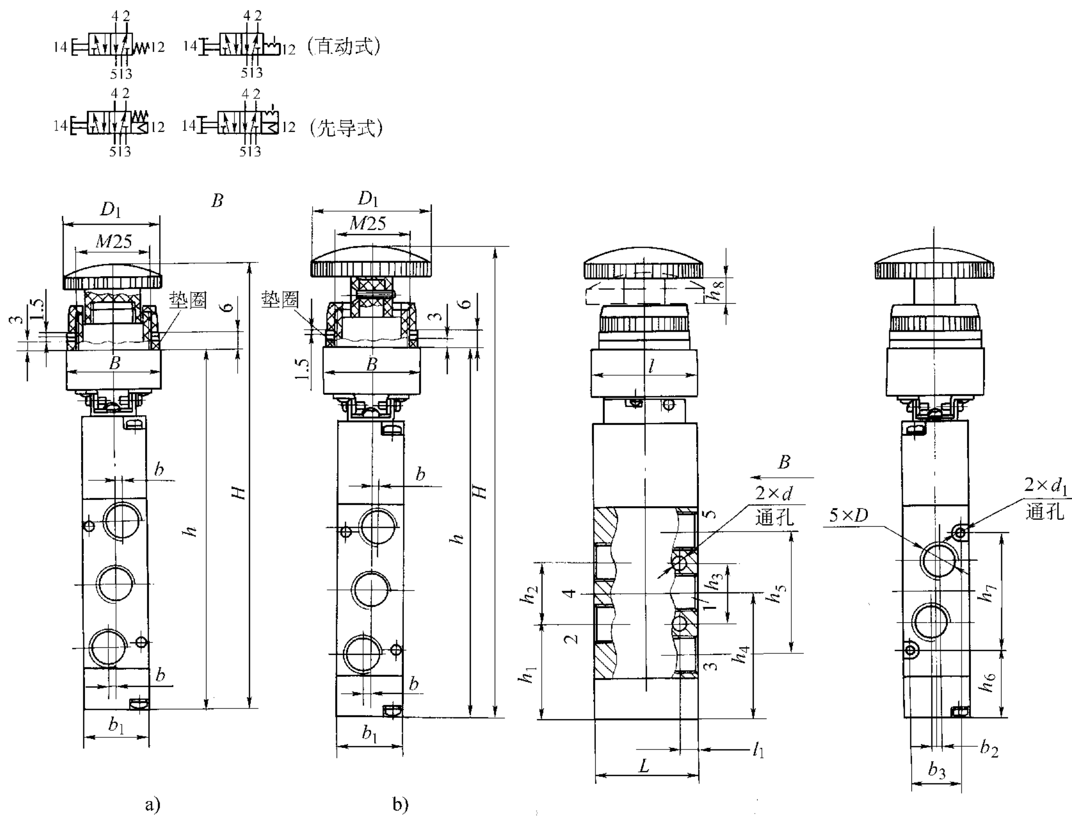
a) Q23R$_1$C-$\frac{\text{L3}}{\text{L3T}}$ Q23R$_1$(S)C-$\frac{\text{L3}}{\text{L3T}}$ b) Q23XR$_1$C-$\frac{\text{L8}}{\text{L8T}}$ Q23XR$_1$(S)C-$\frac{\text{L8}}{\text{L8T}}$

<table>
<tr><th>型 号</th><th>名称</th><th>D</th><th>L</th><th>l</th><th>l_1</th><th>l_2</th><th>l_3</th><th>l_4</th><th>H</th><th>h_1</th><th>h_2</th><th>h_3</th><th>h_4</th><th>h_5</th></tr>
<tr><td>Q23R$_1$C-$\frac{\text{L3}}{\text{L3T}}$</td><td>直动式无自锁</td><td rowspan="2">M5-6H</td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">36</td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">14</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td>90</td><td>61</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">20. 5</td><td rowspan="2">5. 7</td></tr>
<tr><td>Q23R$_1$(S)C-$\frac{\text{L3}}{\text{L3T}}$</td><td>直动式有自锁</td><td>98</td><td>64</td></tr>
<tr><td>Q23XR$_1$C-$\frac{\text{L8}}{\text{L8T}}$</td><td>先导式无自锁</td><td rowspan="2">G1/4</td><td rowspan="2">35</td><td rowspan="2">32</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">26</td><td rowspan="2">26</td><td>130</td><td>102</td><td rowspan="2">22</td><td rowspan="2">21</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Q23XR$_1$(S)C-$\frac{\text{L8}}{\text{L8T}}$</td><td>先导式有自锁</td><td>139</td><td>105</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>型 号</th><th>名称</th><th>h_6</th><th>h_7</th><th>h_8</th><th>h_9</th><th>B</th><th>b</th><th>b_1</th><th>b_2</th><th>$b_3$①</th><th>D_1</th><th>d</th><th>d_1</th><th>d_2</th></tr>
<tr><td>Q23R$_1$C-$\frac{\text{L3}}{\text{L3T}}$</td><td>直动式无自锁</td><td rowspan="2">20. 5</td><td rowspan="2">15. 5</td><td rowspan="2">10. 2</td><td rowspan="2">8</td><td rowspan="2">32</td><td rowspan="2">11</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">−3</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">ϕ3. 3</td><td rowspan="2">ϕ2. 8</td></tr>
<tr><td>Q23R$_1$(S)C-$\frac{\text{L3}}{\text{L3T}}$</td><td>直动式有自锁</td></tr>
<tr><td>Q23XR$_1$C-$\frac{\text{L8}}{\text{L8T}}$</td><td>先导式无自锁</td><td rowspan="2">32. 5</td><td rowspan="2">22. 5</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">8. 5</td><td>32</td><td rowspan="2">17</td><td rowspan="2">5</td><td rowspan="2">22</td><td rowspan="2">+2. 5</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">3. 5</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">ϕ3. 3</td></tr>
<tr><td>Q23XR$_1$(S)C-$\frac{\text{L8}}{\text{L8T}}$</td><td>先导式有自锁</td><td>36</td></tr>
</table>

① “+” A 口在中心线右侧，“−” A 口在中心线左侧。

表 23.5-98　Q25R$_1$C 系列二位五通按钮式手动换向阀外形尺寸　(mm)



a) Q25R$_1$C-L3　Q25R$_1$(S)C-L3　b) Q25XR$_1$C-L8　Q25XR$_1$(S)C-L8

型　　号	名　　称	D	L	l	l_1	H	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5
Q25R$_1$C-L3	直动式无自锁	M5-6H	24	32	18	100.7	72	20.5	10.7	21.4	26.2	21.4
Q25R$_1$(S)C-L3	直动式有自锁			36		108.7	74.5					
Q25XR$_1$C-L8	先导式无自锁	G1/4	35	32	6	151.5		32.5	21	21	33	42
Q25XR$_1$(S)C-L8	先导式有自锁			36		160						

型　　号	名　　称	h_6	h_7	h_8	B	b	b_1	b_2	b_3	D_1	d	d_1
Q25R$_1$C-L3	直动式无自锁	16	20.5	8	32	0	15	6	11		$\phi3.3$	$\phi2.8$
Q25R$_1$(S)C-L3	直动式有自锁			8.5	36					$\phi40$		
Q25XR$_1$C-L8	先导式无自锁	23	40	8	32	2.5	22	3	17		$\phi4.5$	$\phi3.3$
Q25XR$_1$(S)C-L8	先导式有自锁			8.5	36					$\phi40$		

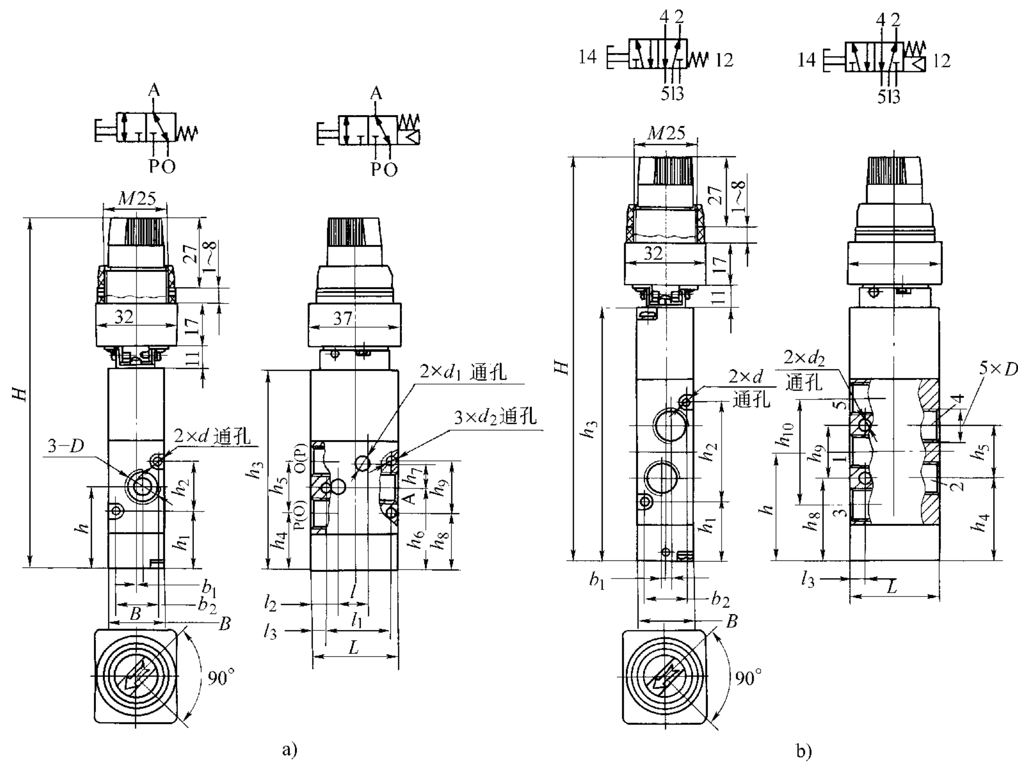
2. Q23R$_3$C、Q25R$_3$C 系列旋钮式手动换向阀

1) 工作原理与图 23.5-31 所示阀的工作原理类似。

2) 技术规格(见表 23.5-96)。

3) 外形尺寸(见表 23.5-99)。

表 23.5-99　Q23R$_3$C、Q25R$_3$C 系列二位三通、五通旋钮式手动换向阀外形尺寸　（mm）



a）Q23R$_3$C-$\frac{L3}{L3T}$　Q23XR$_3$C-$\frac{L8}{L8T}$　b）Q25R$_3$C-L3　Q25XR$_3$C-L8

型　号	名　称	D	L	l	l_1	l_2	l_3	H	h	h_1	h_2	h_3	h_4
Q23R$_3$C-$\frac{L3}{L3T}$	二位三通直动式	M5-6H	24	14		4	—	100.3	20.5	15.5	10.2	47.8	15.5
Q23XR$_3$C-$\frac{L8}{L8T}$	二位三通先导式	G1/4	35		26		6	142	32.5	22.5	20	79.5	22
Q25R$_3$C-L3	二位五通直动式	M5-6H	24				18	111	26.2	16	20.4	49.2	20.5
Q25XR$_3$C-L8	二位五通先导式	G1/4	35				6	163	43	23	40	100.5	32.5

型　号	名　称	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	B	b_1	b_2	d	d_1	d_2
Q23R$_3$C-$\frac{L3}{L3T}$	二位三通直动式	10.5	20.5	5.7				15	−3	11	ϕ2.8	ϕ3.3	0
Q23XR$_3$C-$\frac{L8}{L8T}$	二位三通先导式	21			22	21		22	+2.5	22	ϕ3.3	0	ϕ3.5

（续）

型　　号	名　　称	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	B	b_1	b_2	d	d_1	d_2
$Q25R_3C$-L3	二位五通 直动式	10.7			15.5	21.4	21.4	15	11	11	$\phi2.8$	0	$\phi3.3$
$Q25XR_3C$-L8	二位五通 先导式	21			32.5	21	42	22	1.5	22	$\phi3.3$	0	$\phi4.5$

3. $Q23R_5C$、$Q25R_5C$ 系列推拉式手动换向阀

1）工作原理与图 23.5-31 所示阀的工作原理类似。

2）技术规格(见表 23.5-96)。

3）外形尺寸(见表 23.5-100)。

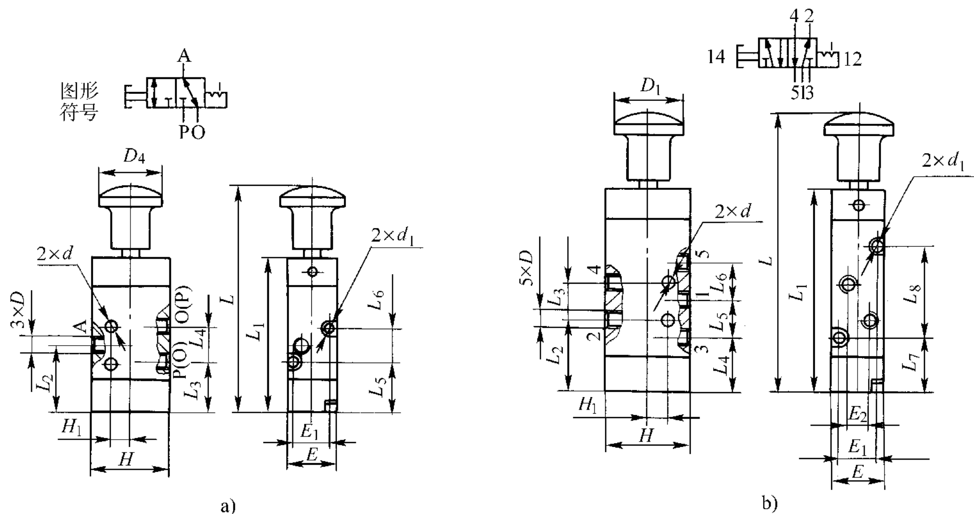
4. $Q23R_{2ch}C$、$Q25R_{2ch}C$ 系列垂直转柄式手动换向阀

1）工作原理与图 23.5-31 所示阀工作原理类似。将摇柄对中心线各转 45°，使阀芯上下移动即可改变气流的运动方向。

2）技术规格(见表 23.5-96)。

3）外形尺寸(见表 23.5-101)。

表 23.5-100　$Q23R_5C$、$Q25R_5C$ 系列推拉式手动换向阀外形尺寸　（mm）



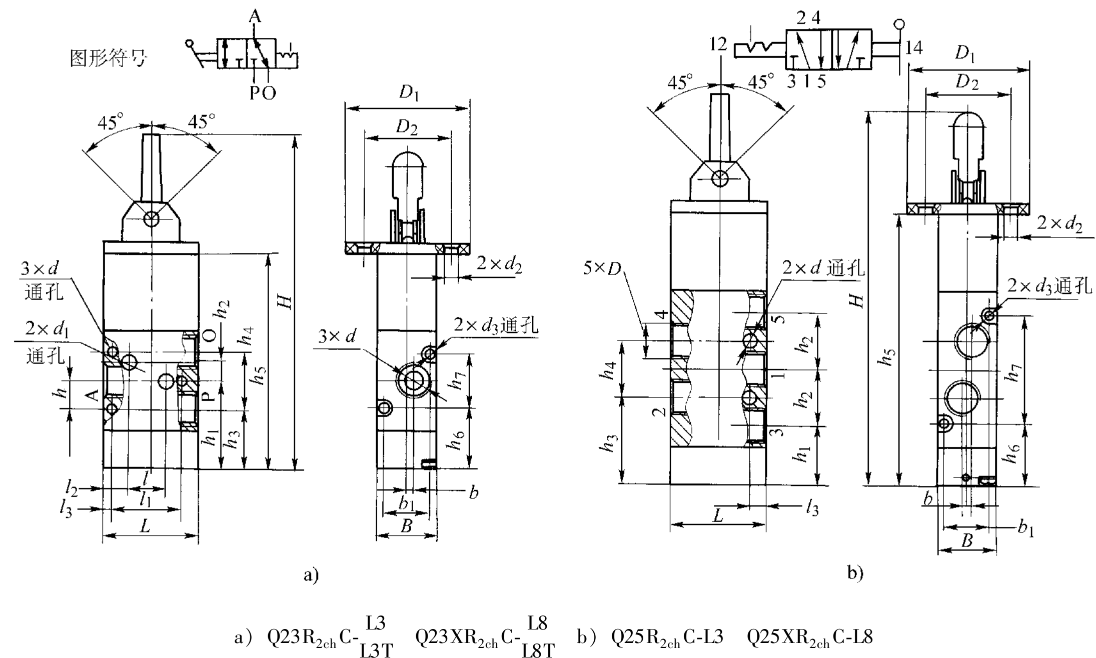
a）$Q23R_5C$-L3　$Q23R_5C$-L3T　$Q23R_5C$-L8　$Q23R_5C$-L8T

b）$Q25R_5C$-L3　$Q25R_5C$-L8

<table>
<tr><th>型　　号</th><th>D</th><th>D_1</th><th>d</th><th>d_1</th><th>H</th><th>H_1</th><th>E</th><th>E_1</th><th>E_2</th><th>L</th><th>L_1</th><th>L_2</th><th>L_3</th><th>L_4</th><th>L_5</th><th>L_6</th><th>L_7</th><th>L_8</th></tr>
<tr><td>$Q23R_5C$-L3</td><td rowspan="2">M5</td><td rowspan="6">24</td><td rowspan="2">3.3</td><td rowspan="2">2.8</td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">7</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">11</td><td rowspan="5">6</td><td rowspan="2">58.5</td><td rowspan="2">39</td><td rowspan="2">17.5</td><td rowspan="2">12.5</td><td rowspan="2">10</td><td rowspan="2">12.5</td><td rowspan="2">10</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>$Q23R_5C$-L3T</td></tr>
<tr><td>$Q23R_5C$-L8</td><td rowspan="2">G1/4</td><td rowspan="2">4.5</td><td rowspan="2">3.3</td><td rowspan="2">35</td><td rowspan="2">11.5</td><td rowspan="2">22</td><td rowspan="2">17</td><td rowspan="2">83</td><td rowspan="2">63</td><td rowspan="2">31.5</td><td rowspan="2">21</td><td rowspan="2">21</td><td rowspan="2">21.5</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td>$Q23R_5C$-L8T</td></tr>
<tr><td>$Q25R_5C$-L3</td><td>M5</td><td>3.3</td><td>2.8</td><td>24</td><td>6</td><td>15</td><td>11</td><td>68.5</td><td>49</td><td>17.5</td><td>10</td><td>12.5</td><td>10</td><td>10</td><td>13</td><td>19</td></tr>
<tr><td>$Q25R_5C$-L8</td><td>G1/4</td><td>4.5</td><td>3.3</td><td>35</td><td>11.5</td><td>22</td><td>17</td><td>3</td><td>104</td><td>84</td><td>31.5</td><td>21</td><td>21</td><td>21</td><td>21</td><td>22</td><td>40</td></tr>
</table>

注：括号内的气口为常通式气口(L3T、L8T)。

表 23.5-101 $Q23R_{2ch}C$、$Q25R_{2ch}C$ 系列垂直转柄式手动换向阀外形尺寸 (mm)



a) $Q23R_{2ch}C$-$\frac{L3}{L3T}$ $Q23XR_{2ch}C$-$\frac{L8}{L8T}$ b) $Q25R_{2ch}C$-L3 $Q25XR_{2ch}C$-L8

型号	D	L	l	l_1	l_2	l_3	H	h	h_1	h_2	h_3	h_4
$Q23R_{2ch}C$-$\frac{L3}{L3T}$直动式	M5	24	14		6		83.5		20.5	5.7		
$Q23XR_{2ch}C$-$\frac{L8}{L8T}$先导式	G1/4	35		26		3	135	10.5			22	21
$Q25R_{2ch}C$-L3 直动式	M5	24				18	94.2	10.7		10.7	15.5	10.7
$Q25XR_{2ch}C$-L8 先导式	G1/4	35				6	156	10.5		21	32.5	21

型号	h_5	h_6	h_7	B	b	b_1	D_1	D_2	d	d_1	d_2	d_3
$Q23R_{2ch}C$-$\frac{L3}{L3T}$直动式	38.5	15.5	10.2	15	3	11	39	27	0	$\phi3.3$	$\phi2.8$	$\phi2.8$
$Q23XR_{2ch}C$-$\frac{L8}{L8T}$先导式	90	22.5	20	22	2.5	17	46	34	$\phi3.5$	0	$\phi4.5$	$\phi3.3$
$Q25R_{2ch}C$-L3 直动式	49.2	16	20.4	15	11	15	39	27	$\phi3.3$	0		$\phi2.8$
$Q25XR_{2ch}C$-L8 先导式	111	23	40	22	3	22	46	34	$\phi4.5$	0		$\phi3.3$

5. QSR_5 系列手柄推拉式换向阀

1) 工作原理与图 23.5-31 所示阀工作原理类似。

2) 技术规格(见表 23.5-102)。

3) 外形尺寸(见表 23.5-103)。

表 23.5-102 QSR_5 系列二位三通、五通、三位五通手柄推拉式换向阀技术规格

公 称 通 径/mm	3	8	10	15
工 作 介 质	经净化含油雾或不含油雾压缩空气			
使用温度范围/℃	-25~80(但不结冰)			
工作压力范围/MPa	0~0.8			

（续）

有效截面积/mm^2	≥4	≥10	≥20	≥40
操　作　力/N	≤30	≤100	≤120	≤160

注：1. 生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司。

2. 型号意义：

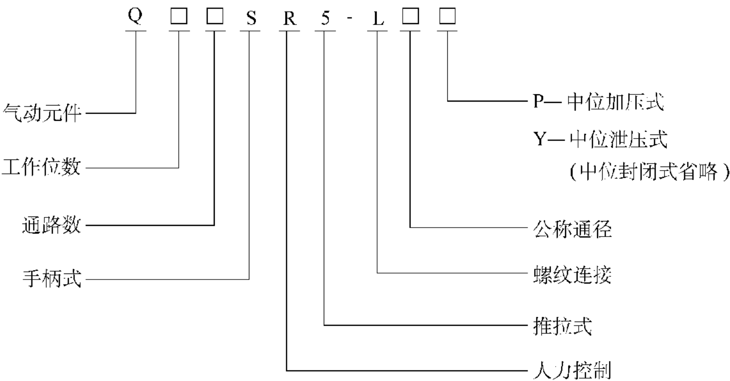
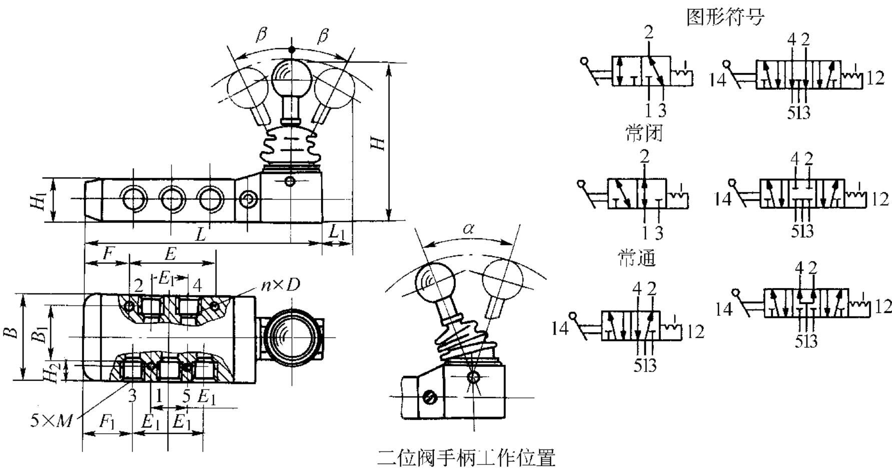


表 23.5-103　QSR_5 系列二位三通、五通、三位五通手柄推拉式换向阀外形尺寸　（mm）



符号 / 通径	M	H	H_1	H_2	L	L_1	B	B_1	E	E_1	F	F_1	$n \times D$	β	α
3	G1/8	89	20	6	87	22	34	24	—	17	—	29.5	3×ϕ4.4	14°	28°
8	G1/4	89	20	11	102	7	44	30	—	20	—	33	3×ϕ4.4	18°25′	36°50′
10	G3/8	123	32	12	178	25	62	45	64	28	30.5	48.5	4×ϕ5.5	25°	50°
15	G1/2	123	32	15	178	25	62	45	64	28	30.5	48.5	4×ϕ4.4	25°	50°

6. QSR_2 系列水平旋转手柄式换向阀

1）工作原理。如图23.5-32所示，该系列端面硬质密封的阀靠旋转阀的手柄，使阀芯对阀体水平转动而实现气路通断的。

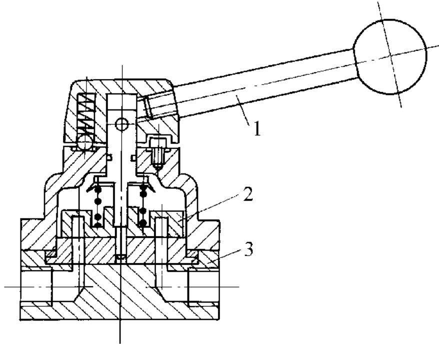


图23.5-32　水平旋转手柄式换向阀工作原理图
1—手柄　2—阀芯　3—阀体

2）技术规格（见表23.5-104）。

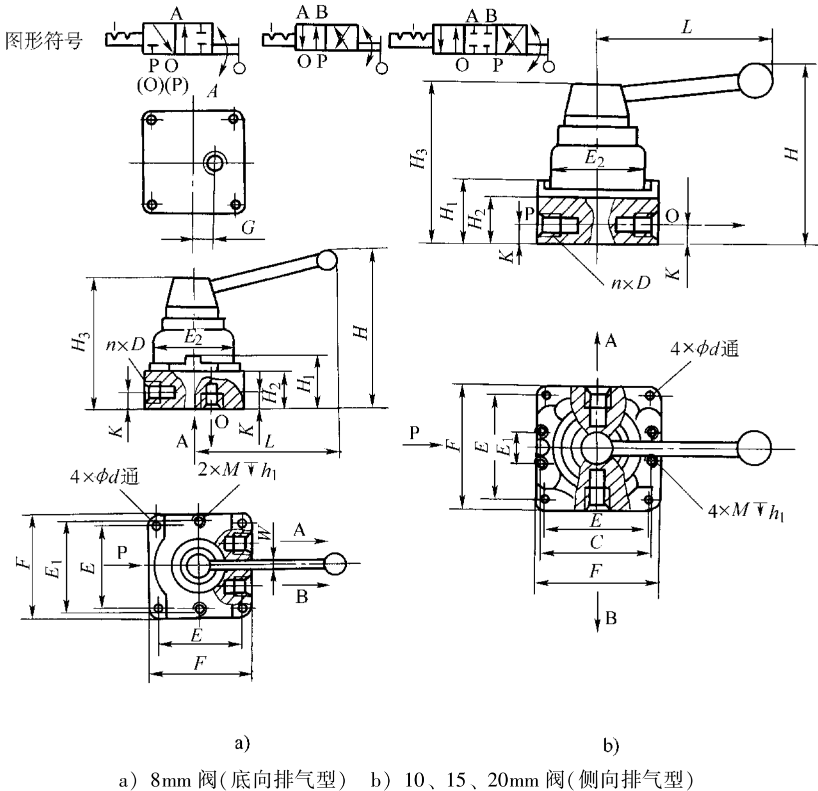
表23.5-104　QSR_2 系列二位三通、四通、三位四通水平旋转手柄式换向阀技术规格

公称通径/mm	8	10	15	20
工作介质	经净化的压缩空气			
使用温度范围/℃	-25～80（但不结冰）			
最高工作压力/MPa	0.8			
操作角度/(°)	90			
有效截面积/mm^2	10	20	55	185
操作力/N	≤100	≤120	≤160	

注：生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司。无锡市华通气动制造有限公司、无锡恒立液压气动有限公司、上海利岛液压气动设备有限公司也生产类似产品。

3）外形尺寸（见表23.5-105）。

表23.5-105　QSR_2 系列二位三通、四通、三位四通水平旋转手柄式换向阀外形尺寸　（mm）



a）8mm阀（底向排气型）　b）10、15、20mm阀（侧向排气型）

（续）

型号 \ 代号	D	n	H	H_1	H_2	H_3	L	K	G
Q23SR$_2$-L8	G1/4	3	100	35	25	82	92	12	12
Q24SR$_2$-L8	G1/4	4	100	35	25	82	92	12	12
Q34SR$_2$-L8	G1/4	4	100	35	25	82	92	12	12
Q23SR$_2$-L10	G3/8	3	115	41	30	100	108	13.5	—
Q24SR$_2$-L10	G3/8	4	115	41	30	100	108	13.5	—
Q34SR$_2$-L10	G3/8	4	115	41	30	100	108	13.5	—
Q23SR$_2$-L15	G1/2	3	138	41	29	114	144	14	—
Q24SR$_2$-L15	G1/2	4	138	41	29	114	144	14	—
Q34SR$_2$-L15	G1/2	4	138	41	29	114	144	14	—
Q23SR$_2$-L20	G3/4	3	144	47	35	120	144	18	—
Q24SR$_2$-L20	G3/4	4	144	47	35	120	144	18	—
Q34SR$_2$-L20	G3/4	4	144	47	35	120	144	18	—
Q23SR$_2$-L8	ϕ5.3	6	M4	—	49	53	ϕ48	63	25
Q24SR$_2$-L8	ϕ5.3	6	M4	—	49	53	ϕ48	63	25
Q34SR$_2$-L8	ϕ5.3	6	M4	—	49	53	ϕ48	63	25
Q23SR$_2$-L10	ϕ6.5	6	M5	66	62	18	ϕ58	74	—
Q24SR$_2$-L10	ϕ6.5	6	M5	66	62	18	ϕ58	74	—
Q34SR$_2$-L10	ϕ6.5	6	M5	66	62	18	ϕ58	74	—
Q23SR$_2$-L15	ϕ6.5	6	M5	88	84	32	ϕ78	102	—
Q24SR$_2$-L15	ϕ6.5	6	M5	88	84	32	ϕ78	102	—
Q34SR$_2$-L15	ϕ6.5	6	M5	88	84	32	ϕ78	102	—
Q23SR$_2$-L20	ϕ6.5	6	M5	88	84	32	ϕ78	102	—
Q24SR$_2$-L20	ϕ6.5	6	M5	88	84	32	ϕ78	102	—
Q34SR$_2$-L20	ϕ6.5	6	M5	88	84	32	ϕ78	102	—

7. SF24、SF34 系列二位、三位四通手动转阀

1）工作原理与图 23.5-32 相同。

2）技术规格（见表 23.5-106）。

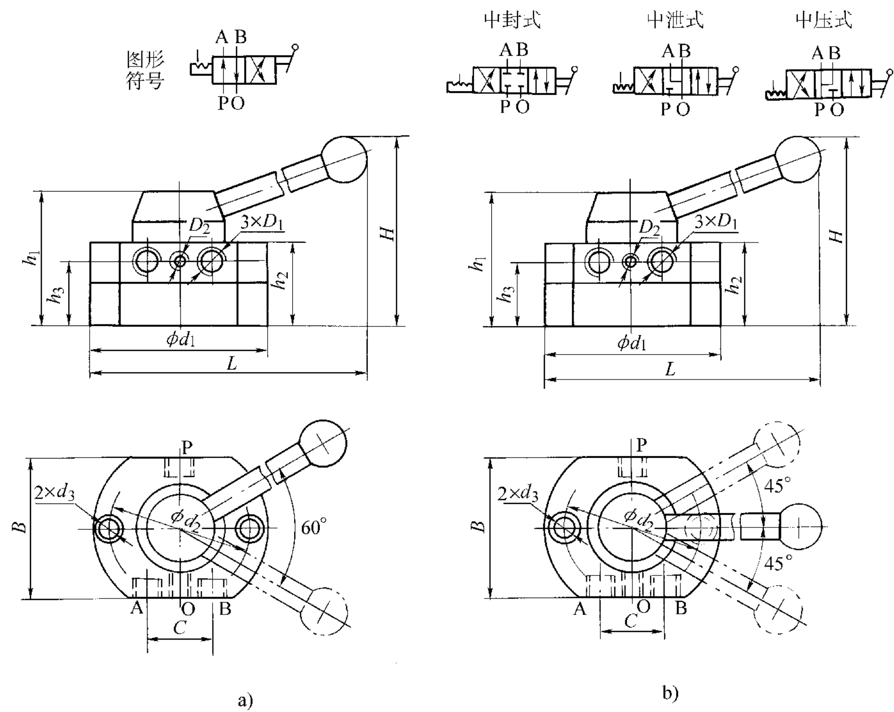
3）外形尺寸（见表 23.5-107）。

表 23.5-106　SF24、SF34 系列二位、三位四通手动转阀技术规格

通　　径	6	10	15	20	25
工 作 介 质	经过滤的压缩空气				
环境与介质温度/℃	5～50				
工作压力范围/MPa	0.2～0.8				
操　作　力/N	≤20	≤28	≤40	≤85	≤115
公称流量/$m^3 \cdot h^{-1}$	5	7	10	20	30

生产单位：烟台未来自动装备有限公司。重庆嘉陵气动元件厂（生产通径 8、10mm 产品）。

表 23.5-107 SF24、SF34 系列二位、三位四通手动转阀外形尺寸 (mm)



a）SF24-L6 ~ L25 二位四通 b）SF34-L6 ~ L25 三位四通

型 号	D_1	D_2	L	B	H	d_1	d_2	d_3	h_1	h_2	h_3	C
SF24-L6 SF34-L6	G1/4	M8 ×1	155	60	90	80	63	9	56	36	27	30
SF24-L10 SF34-L10	G3/8	M10 ×1	187	75	110	100	80	11	69	43	32	39
SF24-L15 SF34-L15	G1/2	M12 ×1. 25	205	90	120	125	100	11	81	49	36	47
SF24-L20 SF34-L20	G3/4	M20 ×1. 5	255	110	145	152	125	13	92	56	40	68
SF24-L25 SF34-L25	G1	M27 ×2	306	136	168	182	150	13	100	64	45	84

8. XQZ(SZ)系列多位多通手动转阀

1）工作原理与图 23.5-32 所示阀的工作原理相同。

2）技术规格(见表 23.5-108)。

3）外形尺寸(见图 23.5-33)。

表 23.5-108 XQZ(SZ)系列多位多通手动转阀技术规格

型 号	XQZ(SZ)8635 Ⅰ	XQZ(SZ)8635 Ⅱ	XQZ(SZ)8635 Ⅲ	XQZ(SZ)8635 Ⅳ
对应新型号	K49R_8-L8	K39R_8-L8	K36R_8-L8	K25R_8-L8
位数及通数	四位九通	三位九通	三位六通	二位五通
公称通径/mm	8			
工作介质	压缩空气			
环境及介质温度/℃	5 ~50			
工作压力范围/MPa	0 ~0. 8			

（续）

有效截面积/mm^2	≥20
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	≤300
操　作　力/N	≤15
最大转动夹角/(°)	90

注：生产单位：济南华能气动元器件公司。

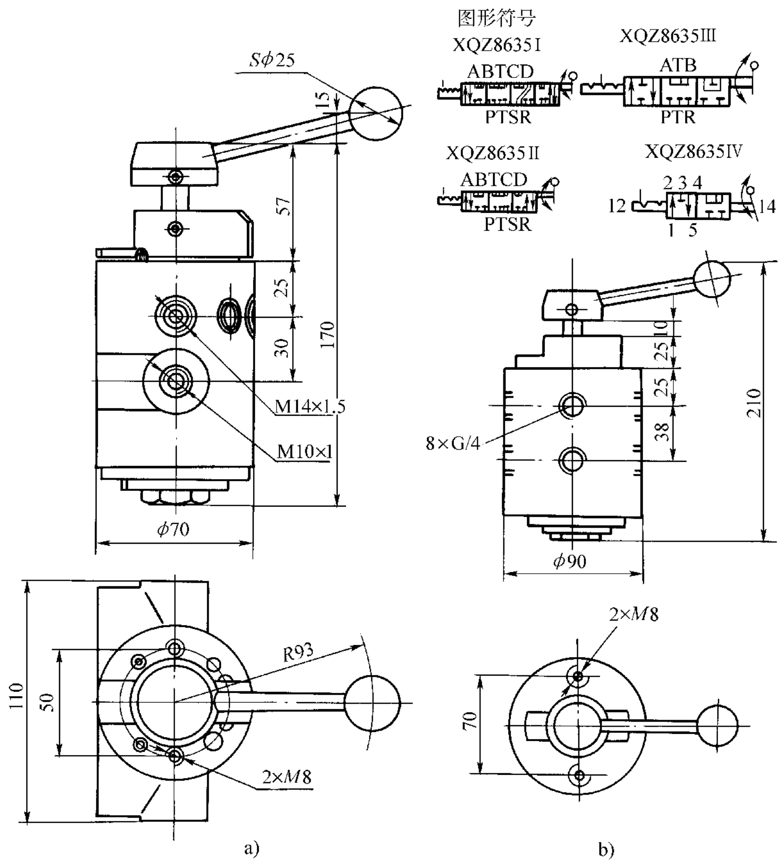


图 23.5-33　XQZ(SZ)系列多位多通手动转阀外形尺寸

a）XQZ8635　b）SZ8635

9. K23R_5 系列二位三通管道手拉式换向阀

1）工作原理见图 23.5-34a。当阀的滑套 2 被拉向右位时，P→A 接通；当滑套移至左位时(见图 23.5-34b)，P、A 关闭。

2）技术规格(见表 23.5-109)。

3）外形尺寸(见表 23.5-110)。

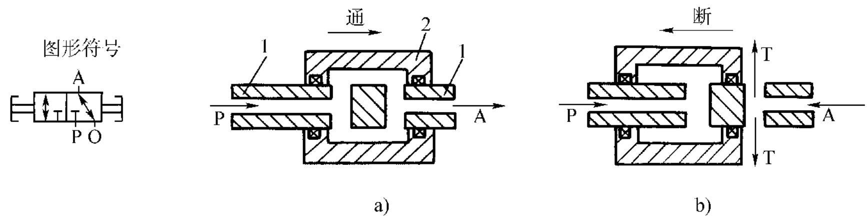


图 23.5-34　管道手拉式换向阀工作原理图

1—管道　2—滑套

表 23.5-109　$K23R_5$ 系列二位三通管道手拉式换向阀技术规格

型　　号	K23R5-L6	K23R5-L8	K23R5-L10	K23R5-L15	K23R5-L20	K23R5-L25
公称通径/mm	6	8	10	15	20	25
工作压力/MPa	0～1.0					
工作温度/℃	5～60					
操作力/N	10	10	20	20	30	30

生产单位：重庆嘉陵气动元件厂，烟台未来自动装备有限公司(生产通径:6～15mm 的阀)，广东省肇庆方大气动有限公司(生产通径:3～15mm 的阀)。

表 23.5-110　$K23R_5$ 系列二位三通管道手拉式换向阀外形尺寸　　(mm)

图形符号

A

P O

G　B　G　H　L　H　A

型　号	接管螺纹 G	A	B	H	L
K23R5-L6	G1/8	50	25	7	9
K23R5-L8	G1/4	60	30	8	11
K23R5-L10	G3/8	70	35	9	13
K23R5-L15	G1/2	80	40	11	15
K23R5-L20	G3/4	100	45	12	17
K23R5-L25	G1	110	50	13	19

10. $Q23/25R_7B$、$Q23/25R_7A$、$Q23JR_7A$ 系列二位三通、五通脚踏阀

1）工作原理见表 23.5-112 附图，该阀基阀为软质密封二位换向滑阀，控制头部连有脚踏机构，(截止式脚踏阀基阀为二位换向截止阀)。

2）技术规格(见表 23.5-111)。

表 23.5-111　$Q\frac{23}{25}R_7B$、$Q\frac{23}{25}R_7A$、$Q23JR_7A$ 系列二位三通、五通脚踏阀技术规格

型　　号	$Q23R_7B$、$Q23R_7B(T)$、$Q25R_7B$	
公称通径/mm	3	6
工作介质	经净化的压缩空气	
使用温度范围/℃	-25～80(但不结冰)	
工作压力范围/MPa	0～0.8	
润滑	有无润滑油均可	
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	≤50	
有效截面积/mm^2	≥3	≥5
工作行程/mm	20	
操作力/N	≤40	

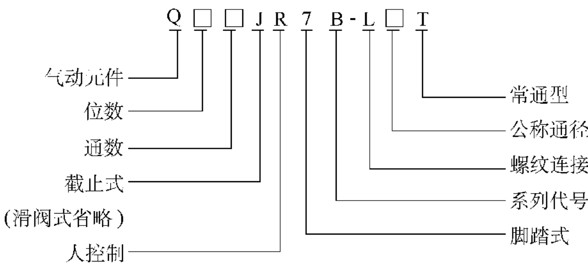
型　　号	$Q23JR_7A$		$Q23R_7A$、$Q23R_7A(T)$、$Q25R_7A$				
公称通径/mm	3	6	3	6	8	10	15
工作介质	经净化的压缩空气						
使用温度范围/℃	-25～80(但不结冰)						
工作压力范围/MPa	0～0.8						
润滑	有无润滑油均可						
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	≤50					≤100	
有效截面积/mm^2	≥3	≥5	≥3	≥5	≥10	≥20	≥40

（续）

工作行程/mm	19	19	15	22	30	22	30
操作力/N	≤30	≤40	≤30	≤60	≤60	≤100	≤120

注：1. 生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司，无锡市华通气动制造有限公司、无锡恒立液压气动有限公司、重庆嘉陵气动元件厂也生产类似产品。

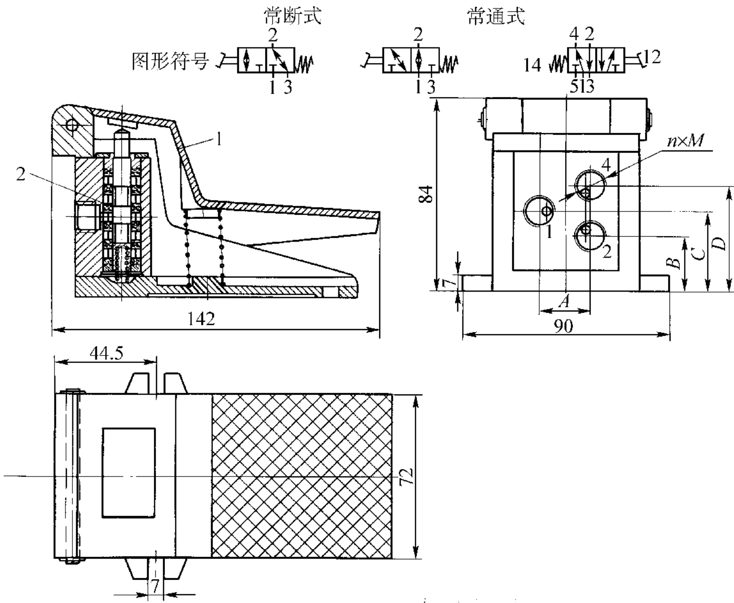
2. 型号意义：



3）外形尺寸(见表 23. 5-112、表 23. 5-113)

表 23. 5-112　Q$^{23}_{25}$R$_7$B 系列二位三通、五通脚踏阀外形尺寸

（mm）

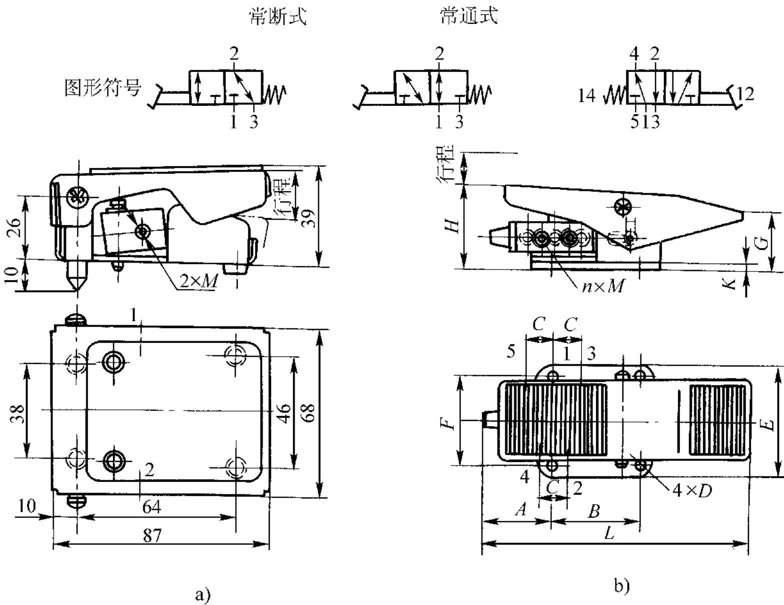


1—脚踏机构　2—二位换向阀

型　　号	通　　径	M	A	B	C	D	n
Q23R7B-L*	3	M5	17	—	35	43	2
	6	G1/4	22	—	35	46	2
Q23R7B-L* T	3	M5	17	27	35	—	2
	6	G1/4	22	24	35	—	2
Q25R7B-L*	3	M5	17	27	35	43	3
	6	G1/4	22	24	35	46	3

* 表示公称通径。

表 23.5-113　Q23JR$_7$A、Q$\frac{23}{25}$R$_7$A 系列二位三通、五通脚踏阀外形尺寸　　(mm)



a)　　b)

a）Q23JR$_7$A-L* 盒式脚踏阀　b）Q23R$_7$A-L*　Q23R$_7$A-L*T　Q25R$_7$A-L* 支架式脚踏阀

型号	符号 / 通径	M	n	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L
Q23JR$_7$A-L*	3	M5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6	M10×1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Q23R$_7$A-L* Q23R$_7$A-L*T Q25R$_7$A-L*	3	M5	3/5	37	68	12	ϕ6	84	68	46	68	5	190
	6	M10×1	3/5	43	68	17	ϕ6	84	68	46	68	5	196
	8	M14×1.5	3/5	59	68	21	ϕ6	84	68	46	68	5	212
	10	M18×1.5	3/5	58	94	28	ϕ7	90	74	63	82	5	240
	15	M22×1.5	3/5	72	94	32	ϕ7	90	74	63	82	5	252

* 表示公称通径。

1.2.5　机械控制换向阀

1. Q23C$_1$C、Q23C$_3$C、Q23C$_4$C 系列二位三通机控阀

1）工作原理与图 23.5-31 阀的工作原理相类似。

2）技术规格(见表 23.5-114)。

3）外形尺寸(见表 23.5-115)。

表 23.5-114　Q23CC、Q25CC 系列二位三通、二位五通机控阀技术规格

型号	Q23C$_1$C-L3 Q25C$_1$C-L3	Q23C$_3$C-L3 Q25C$_3$C-L3	Q23C$_4$C-L3 Q25C$_4$C-L3	Q23C$_1$C-L8 Q25C$_1$C-L8	Q23C$_3$C-L8 Q25C$_3$C-L8	Q23C$_4$C-L8 Q25C$_4$C-L8
公称通径/mm	3			8		
工作介质	经过净化，干燥的压缩空气					
工作压力/MPa	0~0.8					
使用温度范围/℃	-25~80(但在不冻结条件下)					
有效截面积/mm^2	≥3			≥20		
操作力/N	≤30			≤100		
泄漏量/cm^3·min^{-1}	≤50					
耐压性/MPa	1.2					

（续）

耐久性/万次	≥200					
工作行程/mm	2	4.3	4.8	5	13	13

注：1. 生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司，烟台未来自动装备有限公司、重庆嘉陵气动元件厂、无锡恒立液压气动有限公司、奉化韩海机械制造有限公司也生产类似产品。

2. 型号意义：

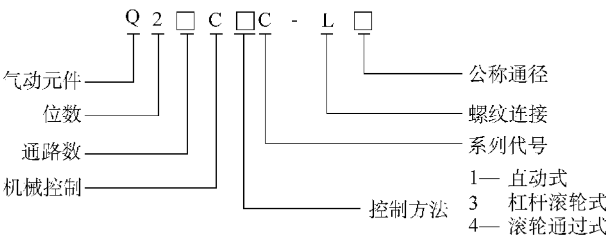
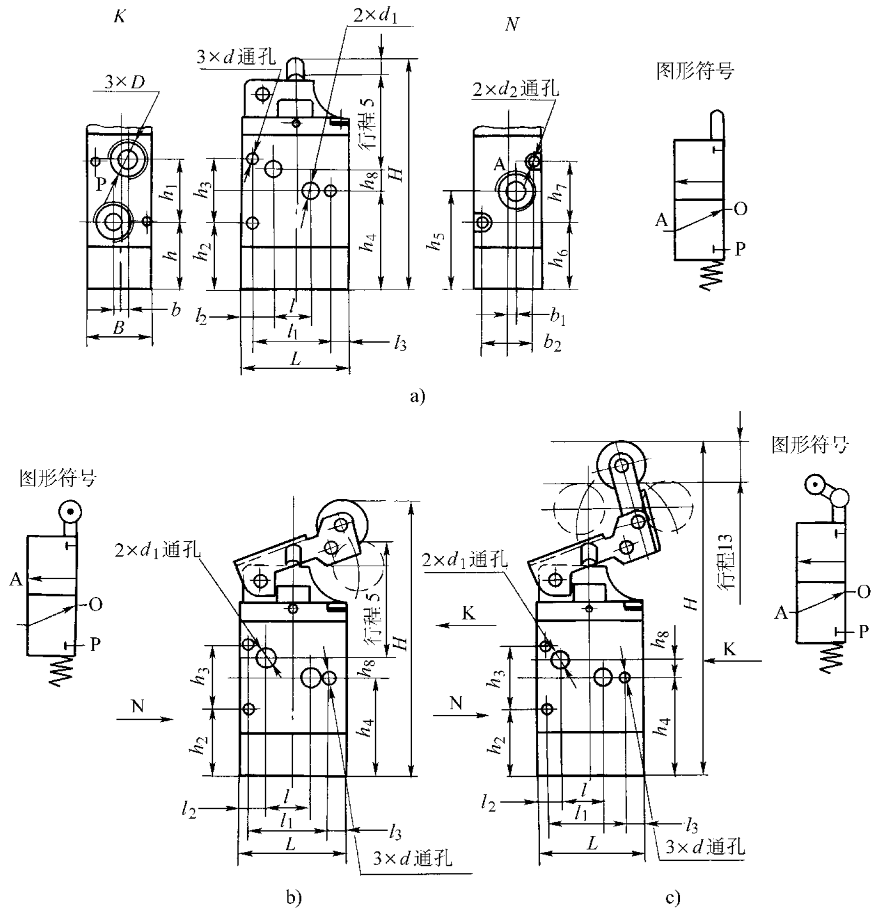


表 23.5-115　Q23CC 系列二位三通机控阀外形尺寸　（mm）



a）$Q23C_1C$-L3　$Q23C_1C$-L8 直动式　b）$Q23C_3C$-L3　$Q23C_3C$-L8 杠杆滚轮式
c）$Q23C_4C$-L3　$Q23C_4C$-L8 滚轮通过式

（续）

型　号	D	L	l	l_1	l_2	l_3	H	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	B	b	$b_1$①	b_2	d	d_1
Q23C1C-L3	M5-6H	24	14		6		46.4	15.5	10.7			20.5	20.5	15.5	10.2	5.7	15	0	−3	11	0	ϕ3.3
Q23C3C-L3							68															
Q23C4C-L3							79															
Q23C1C-L8	G1/4	35		26		6	76	22	21	22	21	32.5	32.5	22.5	20		22	5	+2.5	17	ϕ3.5	0
Q23C3C-L8							90															
Q23C4C-L8							110															

①“－”号 A 口在阀中心线的左侧，“＋”号 A 口在阀中心线的右侧。

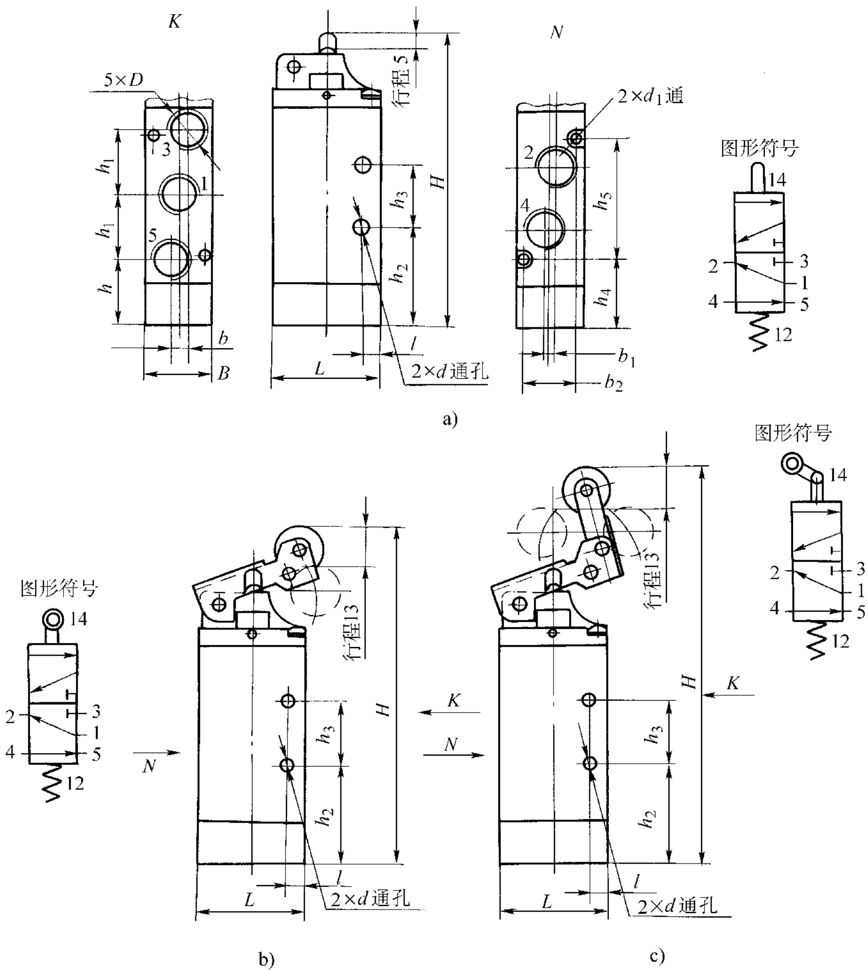
2. $Q25C_1C$，$Q25C_3C$、$Q25C_4C$ 系列二位五通机控阀

1）工作原理与图 23.5-31 所示阀的工作原理相类似。

2）技术规格（见表 23.5-114）。

3）外形尺寸（见表 23.5-116）。

表 23.5-116　$Q25C_1C$、$Q25C_3C$、$Q25C_4C$ 系列二位五通机控阀外形尺寸　（mm）



a）$Q25C_1C$-L3　$Q25C_1C$-L8 直动式　b）$Q25C_3C$-L3　$Q25C_3C$-L8 杠杆滚轮式
c）$Q25C_4C$-L3　$Q25C_4C$-L8 滚轮通过式

（续）

型　号	D	L	l	H	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	B	b	$b_1$①	b_2	d	d_1
Q25C$_1$C-L3	M5-6H	24	18	57.1	15.5	10.7	15.5	21.4	16	20.4	15	0	∓6	11	ϕ3.3	ϕ2.8
Q25C$_3$C-L3				79												
Q25C$_4$C-L3				96												
Q25C$_1$C-L8	G1/4	35	6	97	21.5	21.5	32.5	21	22	40	22	5	±3	17	ϕ4.5	ϕ3.5
Q25C$_3$C-L8				112												ϕ3.3
Q25C$_4$C-L8				130												ϕ3.3

①“∓”号为2口在阀中心线的左侧，4口在阀中心线的右侧；“±号为2口在阀中心线的右侧，4口在阀中心线的左侧。

1.2.6　时间控制换向阀

1. FQ0803型二位三通延时换向阀

1）工作原理，如图23.5-35所示，压缩空气从P口输入后经气阻1、气容2延时一定时间，当气容内压力升到一定值后，阀芯3克服弹簧力4的作用力上移使P→A接通。

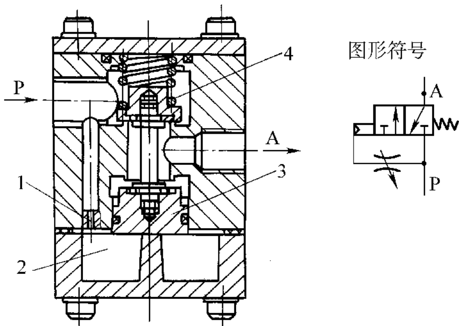


图23.5-35　FQ0803型二位三通延时换向阀工作原理
1—气阻　2—气容　3—阀芯　4—弹簧力

2）技术规格（见表23.5-117）。

表23.5-117　FQ0803型二位三通延时换向阀技术规格

型　号	FQ0803
公称通径/mm	10
工作介质	经过滤的压缩空气
工作压力范围/MPa	0～0.8
环境，介质温度/℃	5～50
有效截面积/mm^2	≥20
泄漏量/cm^3·min^{-1}	≤10
延时时间/s	0～20
耐久性/万次	≥150

注：生产单位：重庆嘉陵气动元件厂。

3）外形尺寸（见图23.5-36）。

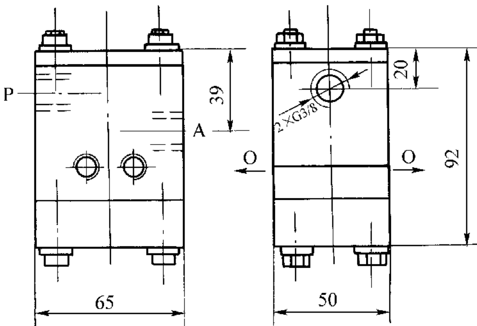


图23.5-36　FQ0803型二位三通延时换向阀外形尺寸

2. K23Y-L6(8)-J型二位三通延时换向阀

1）工作原理，见图23.5-37，该阀是靠可调气阻1、固定气容2的延时作用使阀芯3延时换向的气控换向阀。按P、A、O的接法为常断延时通型，按括号中的接法为常通延时断型二位三通换向阀。

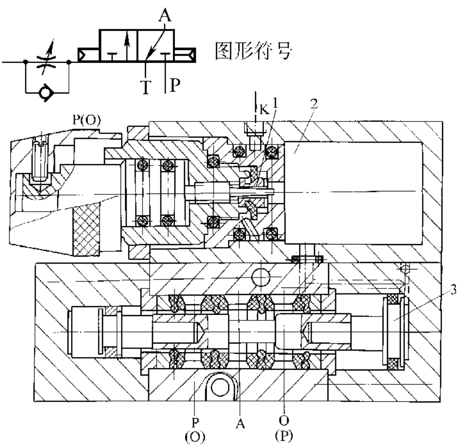


图23.5-37　K23Y-L6(8)-J型二位三通延时换向阀工作原理
1—气阻　2—气容　3—阀芯

2）技术规格(见表23.5-118)。

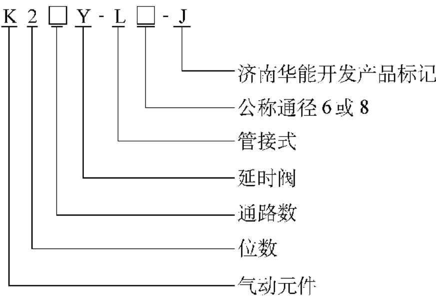
3）外形尺寸(见图23.5-38)。

表23.5-118 K23Y-L6(8)-J型二位三通、二位五通延时换向阀技术规格

规格 / 型号	二位三通 K23Y-L6(8)-J	二位五通 K25Y-L6(8)-J
公称通径/mm	6(8)	6(8)
工作介质	洁净压缩空气	
介质及环境温度/℃	5～60	
工作压力范围/MPa	0.2～0.8	
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	≤50	
延时精度(%)	≤±6	
延时范围/s	≥1～60	
延时时间精调/s	0～20	
延时时间粗调/s	20～60	
有效截面积/mm^2	5(10)	5(10)
耐久性/万次	200	

注：1. 生产单位：济南华能气动元器件公司。

2. 型号意义：



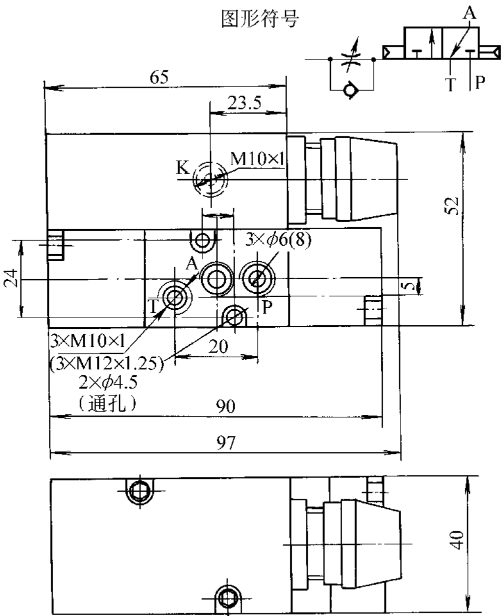


图23.5-38 K23Y-L6(8)-J型二位三通延时换向阀外形尺寸

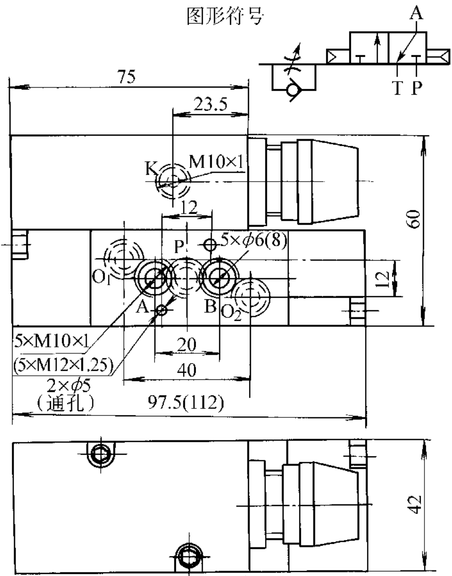


图23.5-39 K25Y-L6(8)-J型二位五通延时换向阀外形尺寸

3. K25Y-L6(8)-J型二位五通延时换向阀

1）工作原理与图23.5-37所示阀的工作原理相同。

2）技术规格(见表23.5-118)。

3）外形尺寸见图23.5-39。图中括号中的尺寸为通径8mm阀的尺寸。

1.2.7 单向型控制阀

1. KA系列单向阀

1）工作原理。如图23.5-40a所示，当阀无压缩空气从A口和P口进入时，阀处于关闭状态；气流从A向P不通，当A口有压缩空气输入时，P与A也不通。当P口有压缩空气时，克服弹簧力P与A通(见图23.5-40b)。

2）技术规格(见表23.5-119)。

3）外形尺寸(见表23.5-120)。

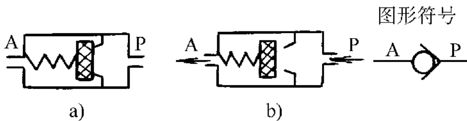


图23.5-40 单向阀工作原理图

表23.5-119　KA系列单向阀技术规格

型　　号	KA-L6	KA-L8	KA-L10	KA-L15	KA-L20	KA-L25	KA-L32	KA-L40	KA-L50
公称通径/mm	6	8	10	15	20	25	32	40	50
工作介质	经过滤的压缩空气								
工作压力范围/MPa	0.05～0.8								
环境介质温度/℃	5～50								
有效截面积/mm²≥	10	20	40	60	110	190	300	400	650
开启压力/MPa	0.03		0.02		0.01				
关闭压力/MPa	0.015		0.01		0.008				
换向时间/≤s	0.03						0.04		
泄漏量/cm³·min⁻¹≤	50		100		250		500		

注：1. 生产单位：烟台未来自动装备有限公司，重庆嘉陵气动元件厂，广东省肇庆方大气动有限公司，济南华能气动元器件公司生产通径：3～25mm类似产品。

2. 型号意义：

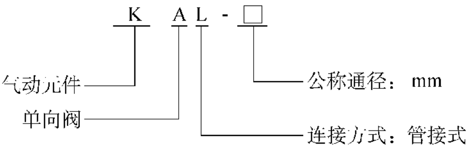


表23.5-120　KA系列单向阀外形尺寸

（mm）

型　　号	d		D(φ)	L	B
KA-L6	G1/8	M10×1	28	64	24
KA-L8	G1/4	M12×1.25	28	64	24
KA-L10	G3/8	M16×1.5	40	86	36
KA-L15	G1/2	M20×1.5	40	86	36
KA-L20	G3/4	M27×2	55	112	46
KA-L25	G1	M33×2	55	112	46
KA-L32	G11/4	M42×2	88	161	75
KA-L40	G11/2	M48×2	88	161	75
KA-L50	G2	M60×2	100	195	90

2. QS系列梭阀（或门阀）

1）工作原理见图23.5-41a，当控制口P_1进气时，P_2被阀芯切断，P_1与A相通。当控制口P_2进气时（见图23.5-41b），P_1被阀芯切断，P_2与A相通。若P_1、P_2都有压力信号输入时，压力信号高的气口与A相通。

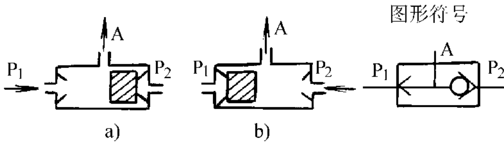


图23.5-41　梭阀工作原理

a）控制口P_1进气状态　b）控制口P_2进气状态

2）技术规格（见表23.5-121）。

3）外形尺寸（见表23.5-122）。

表23.5-121　QS系列梭阀技术规格

型　　号	QS-L3	QS-L6	QS-L8
通　　径/mm	3	6	8
工作介质	经净化、含有油雾的压缩空气		
工作温度范围/℃	-5～50		
工作压力范围/MPa	0.05～0.8		
额定流量/m³·h⁻¹	0.7	2.5	5
额定流量下压降/MPa	≤0.025	≤0.022	≤0.02
泄漏量/cm³·min⁻¹	≤30	≤50	

（续）

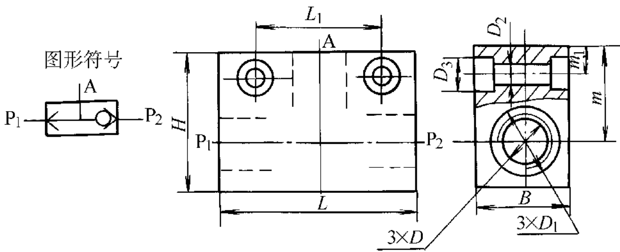
换向频率/Hz	≥10			
换向时间/s	≤0.03			
型　　号	QS-L10	QS-L15	QS-L20	QS-L25
通　　径/mm	10	15	20	25
工作介质	经净化、含有油雾的压缩空气			
工作温度范围/℃	-5~50			
工作压力范围/MPa	0.05~0.8			

（续）

额定流量/$m^3 \cdot h^{-1}$	7	10	20	30
额定流量下压降/MPa	≤0.015	≤0.12	≤0.01	
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$	≤120		≤250	
换向频率/Hz	≥10		≥5	
换向时间/s	≤0.03		≤0.03	

注：生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司，重庆嘉陵气动元件厂、烟台未来自动装备有限公司也生产类似产品。

表 23.5-122　QS 系列梭阀外形尺寸　（mm）



型　　号	通径	D	D_1	L	B	H	L_1	D_2	D_3	m_1	m
QS-L3	3	M6 深 8	ϕ9 深 1.4-0.1	34	16	22	16	ϕ3.4		4	14
QS-L6	6	M10×1 深 15	ϕ13 深 1.4-0.1	60	25	42	36	ϕ4.5	ϕ8.5 深 4	9	28
QS-L8	8	M12×1.25 深 15	ϕ16 深 1.8-0.1	60	25	42	36	ϕ4.5	ϕ8.5 深 4	9	28
QS-L10	10	M16×1.5 深 18	ϕ20 深 1.8-0.1	75	36	52	48	ϕ6.6	ϕ12 深 7	10	34
QS-L15	15	M20×1.5 深 18	ϕ24 深 1.8-0.1	75	36	52	48	ϕ6.6	ϕ12 深 7	10	34
QS-L20	20	M27×2 深 22	ϕ32 深 2.5-0.2	110	60	76	72	ϕ6.6	ϕ12 深 7	10	46
QS-L25	25	M33×2 深 22	ϕ40 深 2.5-0.2	110	60	76	72	ϕ6.6	ϕ12 深 7	10	46

3. KSY 系列双压阀（与门阀）

1）工作原理如图 23.5-42a、b 所示，当 P_1 或 P_2 口单独有输入时阀芯被推向右端或左端，A 口无输出。只有当 P_1 与 P_2 同时有输入时 A 口才有输出（见图 23.5-42c）。

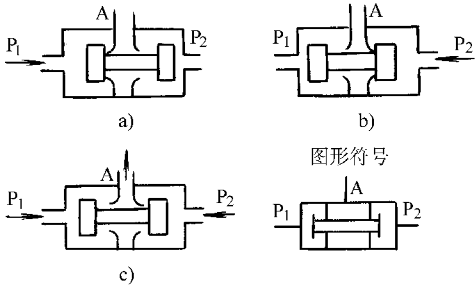


图 23.5-42　双压阀工作原理图

2）技术规格（见表 23.5-123）。

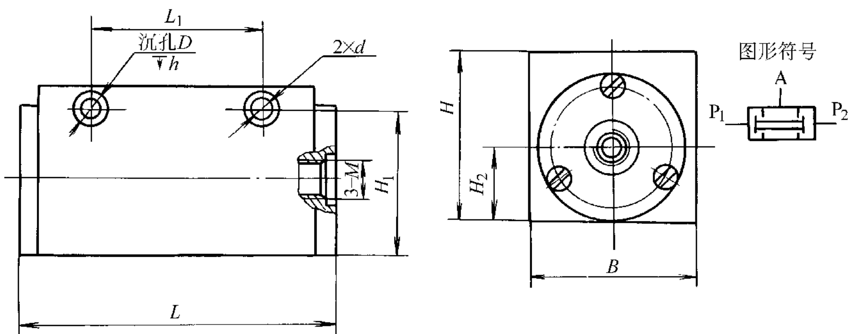
3）外形尺寸（见表 23.5-124）。

表 23.5-123　KSY 系列双压阀技术规格

规格 / 型号	KSY-L3	KSY-L6	KSY-L8	KSY-L10	KSY-L15
公称通径/mm	3	6	8	10	15
工作介质	洁净干燥的压缩空气				
介质温度/℃	0~50				
环境温度/℃	-10~50				
工作压力范围/MPa	0.05~0.8				
有效截面积/mm^2	4	10	20	40	60
泄漏量/$L \cdot min^{-1}$	30	50		120	

注：生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司。

表 23.5-124　KSY 系列双压阀外形尺寸　（mm）



型号 \ 符号	L	L_1	B	H	H_1	H_2	M	d	D	h
KSY-L3	47	25	16	25	20.5	8	M6	φ4.5		
KSY-L6 KSY-L8	92	50	48	50	42	22	M10×1 M12×1.25	φ6.5	10.5	6
KSY-L10 KSY-L15	104	50	56	75	60	25	M16×1.5 M20×1.5	φ6.5	10.5	6

4. KP 系列快速排气阀

1）工作原理见图 23.5-43a，P 口进气，关闭排气口 O，使 P 与 A 相通。当 P 口无气时（见图 23.5-43b），在 A、P 口压差作用下，密封活塞下降，关闭 P 口，A→O 口快速排气。

2）技术规格（见表 23.5-125）。

3）外形尺寸（见表 23.5-126）。

5. KKP 系列快速排气阀

1）工作原理（见图 23.5-43）。

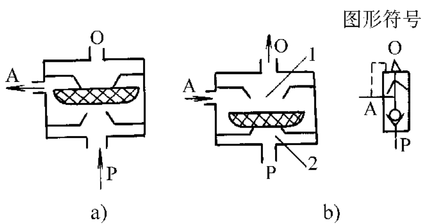
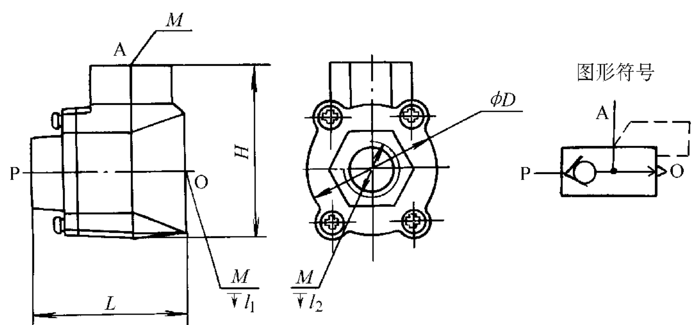


图 23.5-43　快速排气阀工作原理图
a）P 口进气，P→A 相通　b）A 口排气，A→O 相通

表 23.5-125　KP 系列快速排气阀技术规格

公称通径/mm		3	8	10　15	20　25	32	40	50
工作介质		干燥、洁净含油雾的压缩空气						
使用温度范围/℃		-25~50（但不结冰）						
工作压力范围/MPa		0.12~0.8						
有效截面积/mm^2	P→A	4	20	40　60	110　190	30	400	650
	A→O	8	40	60　110	190　300	40	650	900
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$		≤10		≤25	≤50	≤70		
换向时间/s		≤0.03		≤0.04	≤0.05	≤0.06		

表 23.5-126 KP 系列快速排气阀外形尺寸 （mm）



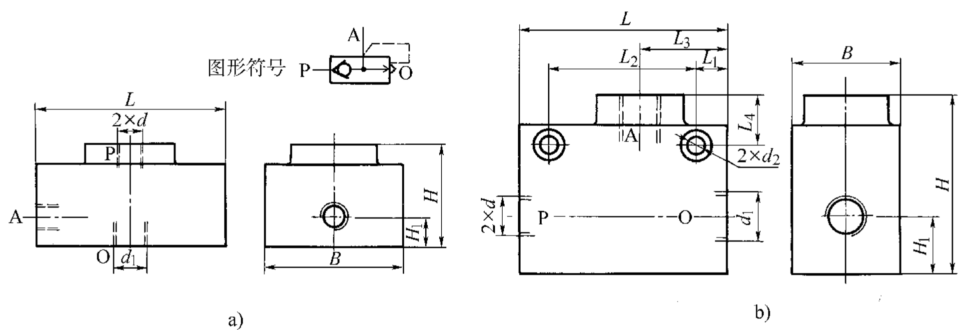
型号 \ 符号	M	l_1	l_2	L	H	D
KP-L3	G1/8	11	10	39	36	25
KP-L8	G1/4	18	15	49	48	32
KP-L10	G3/8	20	18	69	67	49
KP-L15	G1/2	20	18	69	67	49
KP-L20	G3/4	23	23	112	100	74
KP-L25	G1	25	25	112	100	74

注：生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司，无锡市华通气动制造有限公司生产通径 8 ~25mm 类似产品。

2）技术规格(见表 23.5-125)。

3）外形尺寸(见表 23.5-127)。

表 23.5-127 KKP 系列快速排气阀外形尺寸 （mm）



a）通径 6mm、8mm b）通径 10 ~50mm

型号	d		d_1		$d_2(\phi)$	L	L_1	L_2	L_3	L_4	B	H	H_1
KKP-L6	G1/8	M10×1	G1/4	M12×1.25		75					56	41	11.5
KKP-L8	G1/4	M12×1.25	G3/8	M16×1.5								43	
KKP-L10	G3/8	M16×1.5	G1/2	M20×1.5	7	82	12	58	34		44	60	23
KKP-L15	G1/2	M20×1.5	G3/4	M27×2									
KKP-L20	G3/4	M27×2	G1	M33×2	10	128	15	98	45	20	72	95	36
KKP-L25	G1	M33×2	G11/8	M42×2									
KKP-L32	G11/4	M42×2	G11/8	M42×2	10	158	16	126	54	21	88	112	44
KKP-L40	G11/2	M48×2	G11/4	M48×2									
KKP-L50	G2	M60×2	G13/8	M60×2	12	190	21	148	70	22	102	130	52

注：生产单位：烟台未来自动装备有限公司，重庆嘉陵气动元件厂生产通径 6 ~25mm 产品。

1.3　流量控制阀

流量控制阀的种类规格(见表 23.5-128)。

表 23.5-128　流量控制阀的种类规格

种类 \ 通径/mm	规格型号					
	3	4	6	8	10	15
节流阀	KLJ-L3		KLJ-L6	KLJ-L8	KLJ-L10	KLJ-15
单向节流阀	QLA-L3	QLA-L4	QLA-L6	QLA-L8	QLA-L10	QLA-L15
			KLA-L6	KLA-L8	KLA-L10	KLA-L15
	QLA(J)-G1/8		QLA(J)-G1/8	QLA(J)-G1/4	QLA(J)-G3/8	QLA(J)-G1/2
排气节流阀			KLP-L6	KLP-L8	KLP-L10	KLP-L15
排气消声节流阀			KLPX-L6	KLPX-L8	KLPX-L10	KLPX-L15

种类 \ 通径/mm	规格型号				
	20	25	32	40	50
节流阀					
单向节流阀	QLA-L20	QLA-L25			
	KLA-L20	KLA-L25	KLA-L32	KLA-L40	KLA-L50
排气节流阀					
排气消声节流阀	KLPX-L20	KLPX-L25			

1.3.1　KLJ 系列节流阀

1）工作原理如图 23.5-44 所示，该阀通过改变阀的流通面积来调节压缩空气的流量。

2）技术规格(见表 23.5-129)。

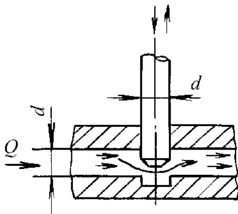


图 23.5-44　KLJ 系列节流阀工作原理

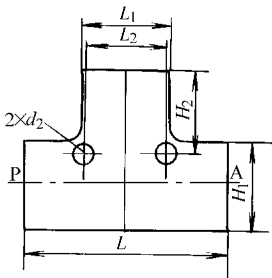
3）外形尺寸(见表 23.5-130)。

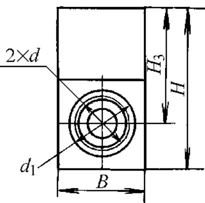
表 23.5-129　KLJ 系列节流阀技术规格

规格 \ 型号	KLJ-L6	KLJ-L8	KLJ-L10	KLJ-L15
公称通径/mm	6	8	10	15
工作介质	经过滤的压缩空气			
环境及介质温度/℃	5～50			
工作压力范围/MPa	0.05～0.8			
有效截面积/mm²	≥6	≥12	≥24	≥36
泄漏量/cm³·min⁻¹	≤50		≤100	
耐久性/万次	≥200		≥150	

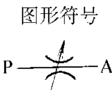
注：生产单位：济南华能气动元器件公司。

表 23.5-130　KLJ 系列节流阀外形尺寸　(mm)





图形符号



（续）

型号＼符号	d	d_1	L	L_1	L_2	B	H	H_1	H_2	H_3
KLJ-L6	G1/8M10×1	ϕ13	50	20	17.5	20	35	22	15	24
KLJ-L8	G1/4M12×1.25	ϕ16								
KLJ-L10	G3/8M16×1.5	ϕ20	74	32	30	32	58	32	30	42
KLJ-L15	G1/2M20×1.5	ϕ24								

1.3.2 KLA 系列单向节流阀

1）工作原理见图 23.5-45a，当气流由 P→A 流动时，经节流阀 1 节流；而反向（见图 23.5-45b）由 A→P 流动时，单向阀 2 打开，不受节流阀的控制。

2）技术规格（见表 23.5-131）。

3）外形尺寸（见表 23.5-132）。

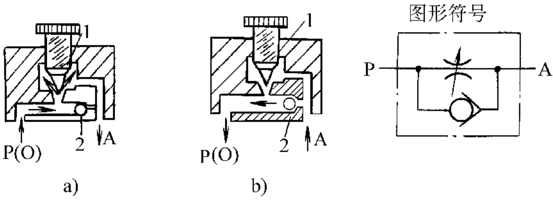


图 23.5-45 单向节流阀工作原理图
1—节流阀 2—单向阀

表 23.5-131 KLA 系列单向节流阀技术规格

规格＼型号		KLA-L3 KLA-L4	KLA-L6	KLA-L8	KLA-L10	KLA-L15	KLA-L20	KLA-L25	KLA-L32	KLA-L40	KLA-L50
公称通径/mm		3、4	6	8	10	15	20	25	32	40	50
工作介质		经净化的压缩空气									
工作压力范围/MPa		0.05~0.8									
环境、介质温度/℃		5~50									
有效截面积①/mm^2≥	P→A	(4)	5 (8)	10 (16)	20 (32)	40 (48)	60 (88)	110 (120)	190	300	400
	A→P	(5)	10 (10)	20 (20)	40 (40)	60 (60)	110 (110)	190 (190)			
泄漏量/$cm^3 \cdot min^{-1}$≤			50		100		250		500		
单向阀开启压力/MPa		0.05									
耐久性/万次≥		150									

① 括号中的值为广东省肇庆方大气动有限公司的值。

注：型号意义：

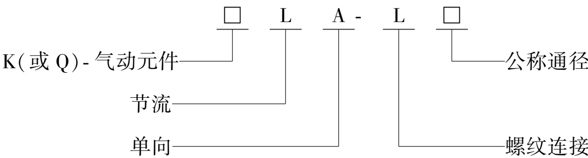
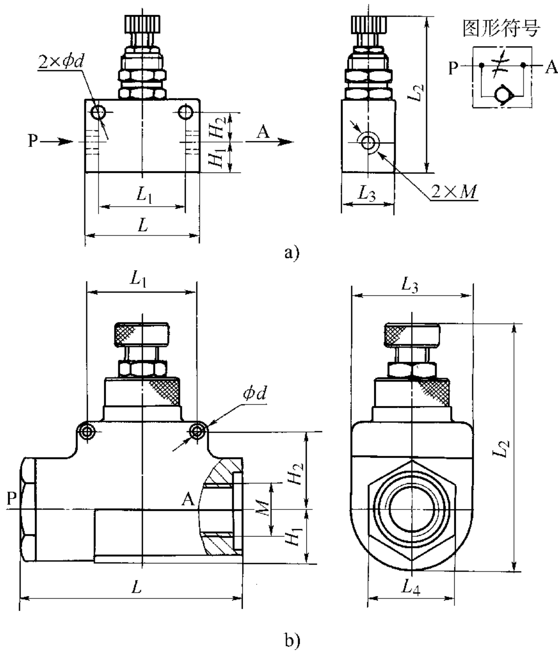


表 23.5-132　KLA 系列单向节流阀外形尺寸　(mm)



a) KLA-L3 ~ L15　b) KLA-L20 ~ L50

型　号	接管螺纹 M		L	L_1	L_2	L_3	L_4	φd	$H_1$①	$H_2$①
KLA-L3	M10 × 1		40	25	45.5	17		4.8		
KLA-L6	M10 × 1		50	38	72	25		4.8	15.5	23.5
KLA-L8	M14 × 1.5	M12 × 1.25	50	38	72	25		4.8	15.5	23.5
KLA-L10	M18 × 1.5	M16 × 1.5	65	50	91	30		6	21	32
KLA-L15	M22 × 1.5	M20 × 1.5	65	50	91	30		6	21	32
KLA-L20	M27 × 2		120	60	139	60	50	7	29	48
KLA-L25	M33 × 2		120	60	139	60	50	7	29	48
KLA-L32	M42 × 2		160	82	180	78	70	7	39	
KLA-L40	M48 × 2		160	82	180	78	70	7	39	
KLA-L50	M60 × 2		168	90	225	95	90	10	47.5	

① H_1、H_2 为重庆嘉陵气动元件厂的尺寸。

注：生产单位：烟台未来自动装备有限公司、重庆嘉陵气动元件厂，无锡市华通气动制造有限公司生产通径 3 ~ 20mm 的类似产品。

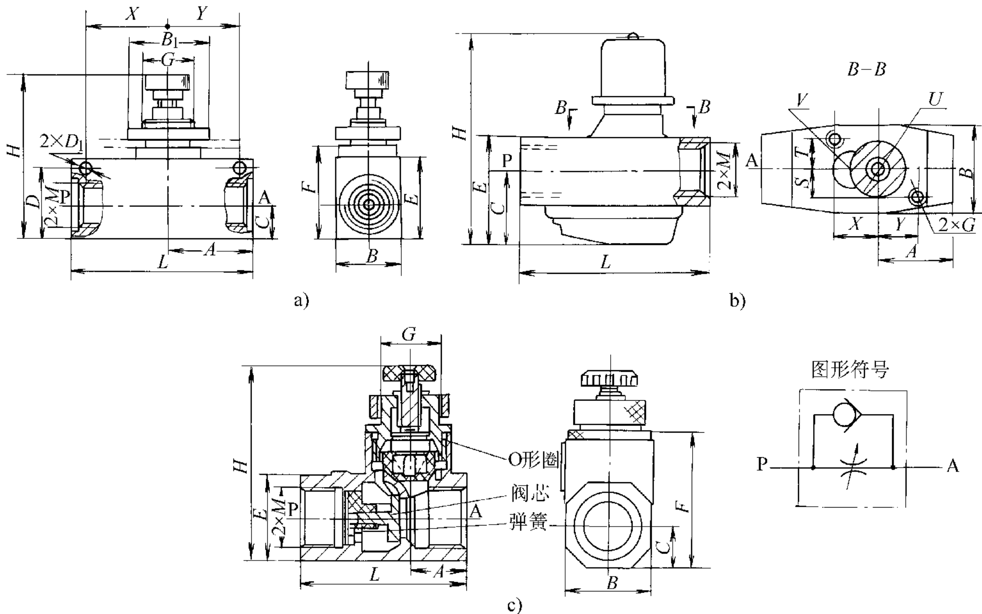
1.3.3　QLA 系列单向节流阀

1）工作原理(见图 24.4-45)。

2）技术规格(见表 23.5-131)。

3）外形尺寸(见表 23.5-133)。

表 23.5-133　QLA 系列单向节流阀外形尺寸　（mm）



a) QLA-L3、4、6、8　b) QLA-L10、15　c) QLA-L20、25

型号 \ 代号	M	L	B (B_1)	H	A	C	D	E	F	G	S	T	U	V	X	Y	D_1
QLA-L3	M6	34	16	41.5～45.5	12	8.5	21	25	27	M6	—	—	—	—	17.5	7.5	ϕ4
QLA-L4	M10×1	39	19	52.5～62	14.5	11.5	25	29	31	M6	—	—	—	—	17.5	7.5	ϕ4
QLA-L6	M10×1	58	22 (26)	53～60	26	11	23	26	31	M16×1.5	—	—	—	—	28	22	ϕ4.2
QLA-L8	M14×1.5																
QLA-L10	M18×1.5	85	38	91～103	34	32	—	48	—	M4	12	13	ϕ26	R8	19	17	—
QLA-L15	M22×1.5																
QLA-L20	M27×2	103	ϕ50	109～123	33	24	—	48	78	M36×2	—	—	—	—	—	—	—
QLA-L25	M33×2	98															

注：生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司。

1.3.4　QLA(J)系列接头式单向节流阀

1）工作原理（见图 23.5-45）。

2）技术规格（见表 23.5-134）。

3）外形尺寸（见表 23.5-135）。

表 23.5-134　QLA(J)系列接头式单向节流阀技术规格

型号		QLA(J)—□/6	QLA(J)—□/8
公称通径/mm		3	6
工作介质		经净化，含有油雾的压缩空气	
使用温度范围/°C		−20～+80(但在不冻结条件下)	
有效截面积/mm²	控制流道 P→A	2	5
	自由流道 A→P	3	6

（续）

工作压力范围/MPa	0.05～0.8
开启压力/MPa	≤0.05

注：1. 生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司，烟台未来自动装备有限公司也生产类似产品。

2. 型号意义：

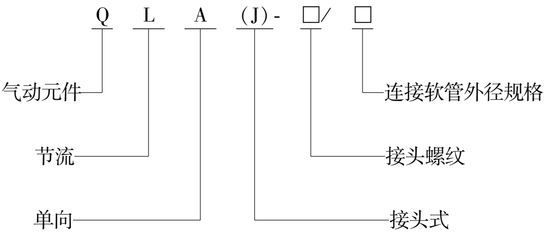


表 23.5-135　QLA(J)系列接头式单向节流阀外形尺寸　(mm)

图形符号

型　　号	H	h	L	B	ϕ	M
QLA(J)—G1/8 —G1/4 —M10×1 —M14×1.5	35	10	37	20	ϕ6×1 ϕ8×1	G1/8 G1/4 M10×1 M14×1.5
QLA(J)—M16×1.5 —G3/8	40	12	50	24		M16×1.5 G3/8
QLA(J)—M20×1.5 —G1/2	45	14	50	30		M20×1.5 G1/2

1.3.5　KLP、KLPX 系列排气节流阀与排气消声节流阀

1）工作原理。如表 23.5-137a 图所示排气节流阀靠调节节流口 1 处三角沟槽的通流面积来调节流经阀的流量。表 23.5-137b 图排气消声节流阀，除有调节流量的三角沟槽外，还带有消声罩 2 可消减排气噪声。上述两种阀均安装在换向阀或管路的排气口处。

2）技术规格(见表 23.5-136)。

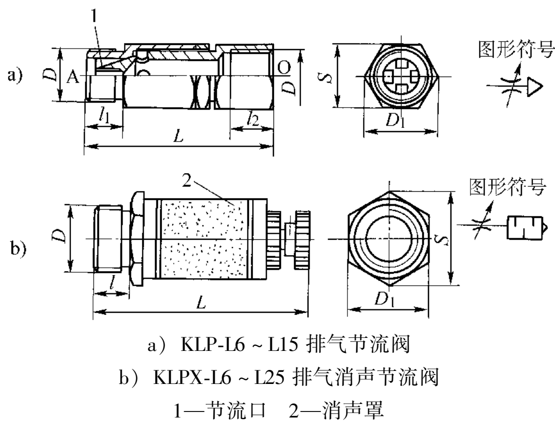
3）外形尺寸(见表 23.5-137)。

表 23.5-136　KLP、KLPX 系列排气节流阀与排气消声节流阀技术规格

名　　称	排气节流阀				排气消声节流阀					
型　　号	KLP-L6	KLP-L8	KLP-L10	KLP-L15	KLPX-L6	KLPX-L8	KLPX-L10	KLPX-L15	KLPX-L20	KLPX-L25
公称通径 /mm	6	8	10	15	6	8	10	15	20	25
工作压力 /MPa	0～0.8									
工作温度 /℃	-5～+60									
有效截面积 /mm^2	5	10	20	40	5	10	20	40	60	110
消声效果 /dB					>20					

注：生产单位：重庆嘉陵气动元件厂，广东省肇庆方大气动有限公司也生产类似产品。

表 23.5-137 KLP、KLPX 系列排气节流阀与排气消声节流阀外形尺寸 (mm)



a）KLP-L6～L15 排气节流阀
b）KLPX-L6～L25 排气消声节流阀
1—节流口 2—消声罩

型　号	连接螺纹 D	L	l_1	D_1	S
KLP-L6	M10×1	42～46	8	14	16.2
KLP-L8	M12×1.25	48～51	10	17	19.6
KLP-L10	M16×1.5	61～70	12	22	25.4
KLP-L15	M20×1.5	69～80	14	24	27.7
KLPX-L6	M10×1	45～50	8	22	25.4
KLPX-L8	M12×1.25	50～58	10	22	25.4
KLPX-L10	M16×1.5	64～74	12	24	27.7
KLPX-L15	M20×1.5	81～93	14	24	27.7
KLPX-L20	M27×2	93～105	16	32	36.9
KLPX-L25	M33×2	108～125	18	41	47.3

2 国外气动控制阀

2.1 德国 FESTO 公司气动阀

2.1.1 FESTO 压力控制阀

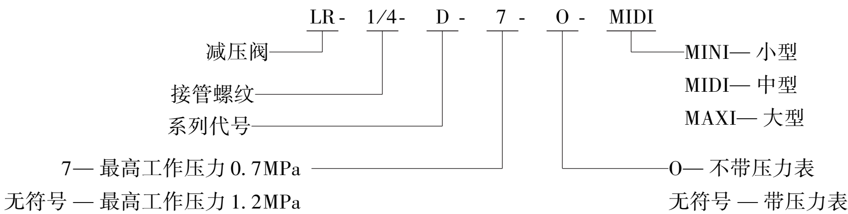
1. LR-D 系列减压阀

1）技术规格（见表 23.5-138）。

表 23.5-138 LR-D 系列减压阀技术规格

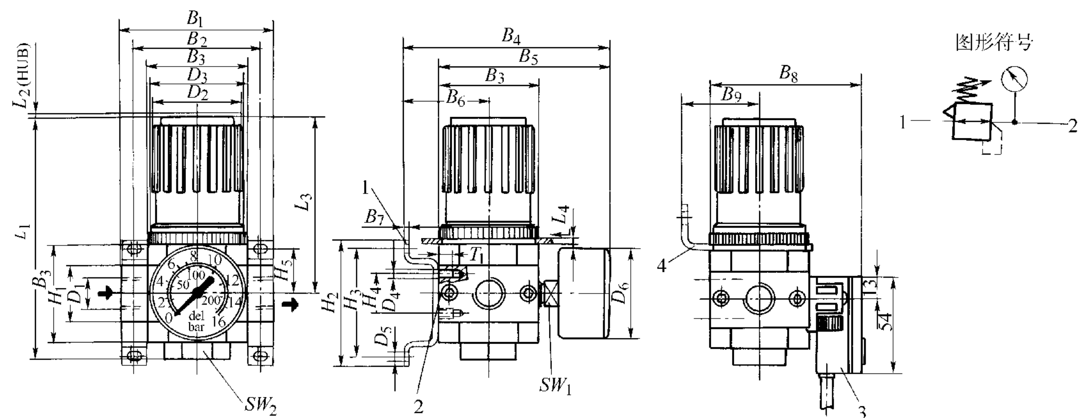
规　格		MINI（小型）			MIDI（中型）				MAXI（大型）		
接管螺纹		$G^1/_8$	$G^1/_4$	$G^3/_8$	$G^1/_4$	$G^3/_8$	$G^1/_2$	$G^3/_4$	$G^1/_2$	$G^3/_4$	G1
结构特点		一级调压膜片控制阀，二级排气口和锁紧调节旋钮（MINI/MIDI）或先导式活塞控制阀（MAXI）									
安装型式		独立单元：管式安装或支架安装 组合：法兰									
安装位置		任意									
标准额定流量 q_n/L·min^{-1}	1.2MPa	800	1500	1700	2100	3200	3500	3500	10500	11000	11500
	0.7MPa	1000	1600	1800	2200	3300	4000	4500	10700	12000	12500
输入压力范围/MPa		0.1～1.6									
工作压力范围/MPa		0.05～1.2			0.05～0.7						
温度范围/℃		-10～60									

注：型号意义：



2）外形尺寸（见表 23.5-139）。

表 23. 5-139　LR-D 系列减压阀外形尺寸　（mm）



1—安装支架 HFOE(不在供货范围内,需另订)　2—第二位压力表连接口　3—压力传感器 PENV-A…
4—角支架 HR-D…(不在供货范围内,需另订)

型　号	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	D_1	D_2	D_3
LR-1/8-D-MINI	64	52	40	95	76	39	2	69.5	36	G1/8	31	M36×1.5
LR-1/4-D-MINI	64	52	40	95	76	39	2	69.5	36	G1/4	31	M36×1.5
LR-3/8-D-MINI	70	52	40	95	76	39	2	69.5	36	G3/8	31	M36×1.5
LR-1/4-D-MIDI	85	70	55	114	95	47	3	84.5	43.5	G1/4	50	M52×1.5
LR-3/8-D-MIDI	85	70	55	114	95	47	3	84.5	43.5	G3/8	50	M52×1.5
LR-1/2-D-MIDI	85	70	55	114	95	47	3	84.5	43.5	G1/2	50	M52×1.5
LR-3/4-D-MIDI	85	70	55	114	95	47	3	84.5	43.5	G3/4	50	M52×1.5
LR-1/2-D-MAXI	96	80	66	126	107	53	3	97.5	50	G1/2	31	M36×1.5
LR-3/4-D-MAXI	96	80	66	126	107	53	3	97.5	50	G3/4	31	M36×1.5
LR-1-D-MAXI	116	91	66	126	107	53	3	97.5	50	G1	31	M36×1.5

型　号	D_4	D_5 ϕ	D_6 ϕ	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	L_1	L_2	L_3	L_4	T_1 最大	SW_1	SW_2
LR-1/8-D-MINI	M4	4.3	41	20	43	35	11	17.5	96	2	69	3	7	14	17
LR-1/4-D-MINI	M4	4.3	41	20	43	35	11	17.5	96	2	69	3	7	14	17
LR-3/8-D-MINI	M4	4.3	41	20	43	35	11	17.5	96	2	69	3	7	14	17
LR-1/4-D-MIDI	M5	5.3	50	32	70	60	22	24.5	135	2	98	5	8	14	30
LR-3/8-D-MIDI	M5	5.3	50	32	70	60	22	24.5	135	2	98	5	8	14	30
LR-1/2-D-MIDI	M5	5.3	50	32	70	60	22	24.5	135	2	98	5	8	14	30
LR-3/4-D-MIDI	M5	5.3	50	32	70	60	22	24.5	135	2	98	5	8	14	30
LR-1/2-D-MAXI	M5	5.3	50	32	70	60	22	24.5	123	2	82	4	8	14	22
LR-3/4-D-MAXI	M5	5.3	50	32	70	60	22	24.5	123	2	82	4	8	14	22
LR-1-D-MAXI	M5	5.3	50	40	70	60	22	24.5	123	2	82	4	8	14	22

2. LRP-1/4 型精密低压减压阀

1）技术规格(见表 23.5-140)。

表 23.5-140　LRP-$^1/_4$ 型精密低压减压阀技术规格

<table>
<tr><td rowspan="2">型　　号</td><td>减压阀</td><td colspan="2">LRP-$^1/_4$-0.7</td><td colspan="3">LRP-$^1/_4$-4</td><td colspan="2">LRP-$^1/_4$-10</td></tr>
<tr><td>安装支架</td><td colspan="7">HR-1/$_4$-P</td></tr>
<tr><td colspan="2">工作介质</td><td colspan="7">过滤压缩空气</td></tr>
<tr><td colspan="2">结构特点</td><td colspan="7">膜片式减压阀</td></tr>
<tr><td colspan="2">安装方式</td><td colspan="7">面板式安装，管式安装或支架安装</td></tr>
<tr><td colspan="2">安装位置</td><td colspan="7">任意</td></tr>
<tr><td colspan="2">接管螺纹</td><td colspan="7">G$^1/_4$</td></tr>
<tr><td colspan="2">标准额定流量/L · min^{-1}</td><td colspan="2">800</td><td colspan="3">2000</td><td colspan="2">2300</td></tr>
<tr><td colspan="2">最高输入压力/MPa</td><td colspan="7">1.2</td></tr>
<tr><td colspan="2">调压范围/MPa</td><td colspan="2">0.005 ~ 0.07</td><td colspan="3">0.005 ~ 0.4</td><td colspan="2">0.01 ~ 1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">温度范围/°C</td><td colspan="7">-10 ~ 60</td></tr>
<tr><td colspan="2">最高输入压力 p_1/MPa</td><td colspan="7">1.2</td></tr>
<tr><td colspan="2">最高输出压力 p_2/MPa</td><td>0.01</td><td>0.04</td><td>0.07</td><td>0.2</td><td>0.4</td><td>0.6</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td colspan="2">标准流量/L · min^{-1}</td><td>15</td><td>35</td><td>55</td><td>120</td><td>220</td><td>340</td><td>420</td></tr>
<tr><td colspan="2">稳压精度($\Delta p_2/p_2$)(%)
(Δp_2—输出压力最大波动)</td><td>≤20</td><td>≤5</td><td>≤2.8</td><td>≤0.7</td><td>≤0.25</td><td>≤0.33</td><td>≤0.25</td></tr>
</table>

2）外形尺寸(见图 23.5-46)。

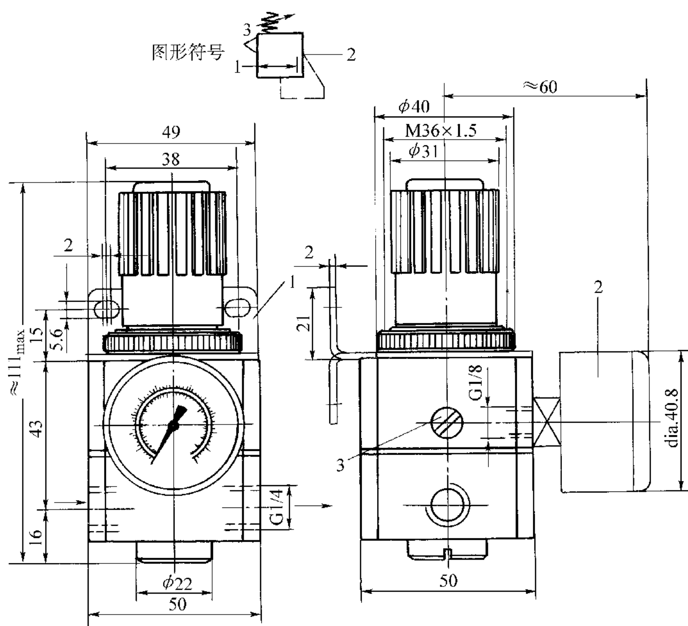


图 23.5-46　LRP-$^1/_4$ 型精密低压减压阀外形尺寸

1—安装支架，型号 HR-$^1/_4$-P　2—压力表，型号：MAP-…　3—过滤节流阀

2. 1. 2　FESTO 方向控制阀

1. MVH-$\frac{2}{3}$、MDH-$\frac{2}{3}$系列二位二通、三通直动截止式电控换向阀

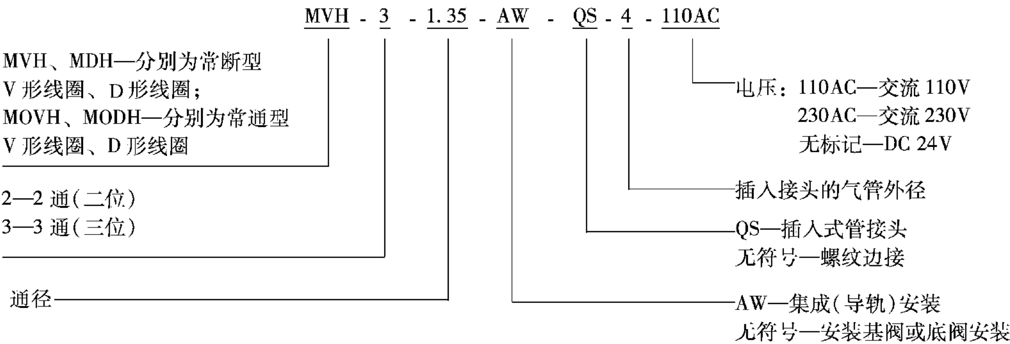
1）技术规格(见表 23. 5-141)。

表 23. 5-141　MVH-$\frac{2}{3}$、MDH-$\frac{2}{3}$系列二位二通、三通直动截止式电控换向阀技术规格

型　号	二位二通	MVH-2-1. 35	MDH-2-2. 2
	二位三通	MVH-3-1. 35、MOVH-3-1. 35	MDH-3-2. 2、MODH-3-2. 2
公称通径/mm		1. 35	2. 2
工作介质		经过滤的压缩空气(有无润滑油均可)或中性气体	
环境(介质)温度/°C		−5 ~60(−5 ~50)	
结构特点①		直动式、提动阀(截止阀)结构	
连接方式	阀	法兰连接、QS-4 快插接头	法兰连接、QS-6 快插接头
	端板	G$^1/_4$(H 型导轨安装)	
工作压力范围/MPa		0. 09 ~0. 8	
标准额定流量(1→2)/L · min^{-1}	常断型	50	113
	常通型	50	96
换向时间、开/关(DC 24V)/ms	常断型	8. 5/3	11/9
	常通型	12/5	10/14. 5
阀　宽/mm		26、36、30(导轨安装)	32、42、36(导轨安装)
电压/功率消耗		DC 24V：2. 5W	DC 24V：7. 5W，AC 110V：保持时 10VA AC230：保持时 10VA

① 不含油漆亲合物质。

注：型号意义：



2）外形尺寸(见图 23. 5-47)。括号中的尺寸为通径 2. 2mm 阀的尺寸。

2. MFH-2-M5、MC-2-1/8 型二位二通直动截止式电控换向阀(可用于真空)

1）技术规格(见表 23. 5-142)。

2）外形尺寸(见图 23. 5-48)。

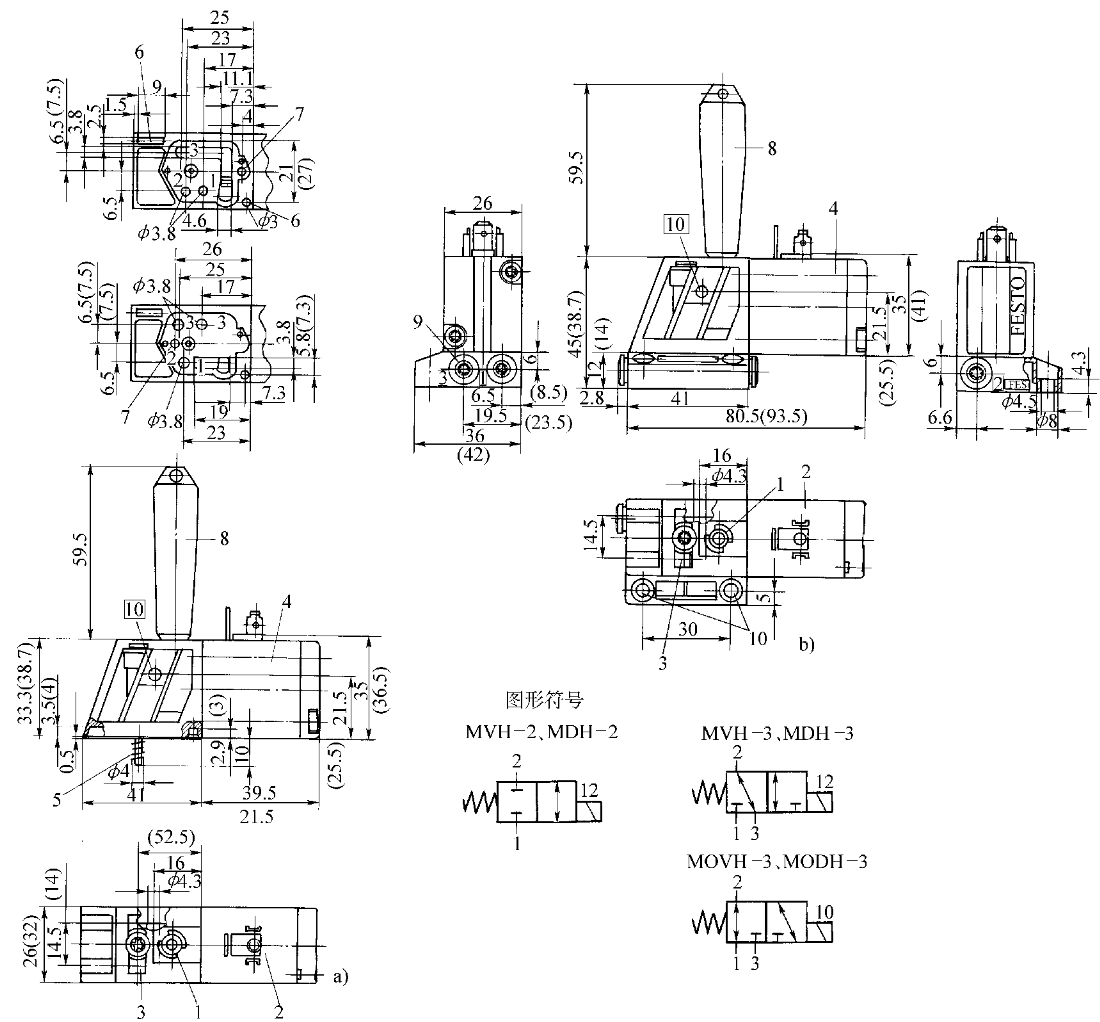


图 23.5-47　MVH-$\frac{2}{3}$-1.35、MDH-$\frac{2}{3}$-2.2 系列二位二通、三通直动截止式电控换向阀

a）MVH-2-1.35　MVH-3-1.35　MOVH-3-1.35　MDH-2-2.2　MDH-3-2.2　MODH-3-2.2　b）MVH-2-1.35-QS-4　MVH-3-1.35-QS-4　MOVH-3-1.35-QS-4　MDH-2-2.2-QS-6　MDH-3-2.2-QS-6　MODH-3-2.2-QS-6

1—手控按钮　2—插头　3—标牌槽　4—电磁线圈(可转180°安装,只适用于法兰安装阀)　5—安装螺钉，适用 POM 塑料底板：自攻螺纹(属供货范围)，底板孔径 ϕ3mm，适用金属底板：M4 螺钉　6—定位孔　7—孔径 2.8mm，作为特征孔，以区别常断型和常通型阀　8—手控按钮驱动器(不属供货范围)　9—QS-4、QS-6 插入式接头　10—通孔，用于 M4 螺钉安装

表 23.5-142　MFH-2-M5、MC-2-$^{1}/_{8}$ 型二位二通直动截止式电控换向阀技术规格

型　号			
型　号	带插座	MFH-2-M5 + 电压值	MC-2-$^{1}/_{8}$ + 电压值
	不带插座	MFH-2-M5 + 电压值 −0D	MC-2-$^{1}/_{8}$ + 电压 −0D
公称通径/mm		1.5	4
接管螺纹		M5	G$^{1}/_{8}$
工作介质		经过滤的压缩空气(有无润滑均可)	经过滤的压缩空气(有无润滑均可)、真空
环境(介质)温度/℃		−5 ~40(−10 ~60)	
结构特点		提动阀(截止阀)结构、单向直动式、弹簧复位	
安装方式		用阀体上通孔安装	

（续）

工作压力范围/MPa		0～0.8	-0.095～0.7
标准额定流量/L·min^{-1}（1→2）		58	300
换向时间/ms（0.6MPa 时）		开：10　关：10	开：18　关：20
电压/V①	DC	12、24	12、24
	AC	（12）、24、42、110、220、（240）	24、42、110、220、（380）
功率消耗		DC：4.5W；AC：保持时 6VA 启动时 7.5VA	DC：12W；AC：保持时 22VA 启动时 30VA

① 括号中电压值特殊情况可用。

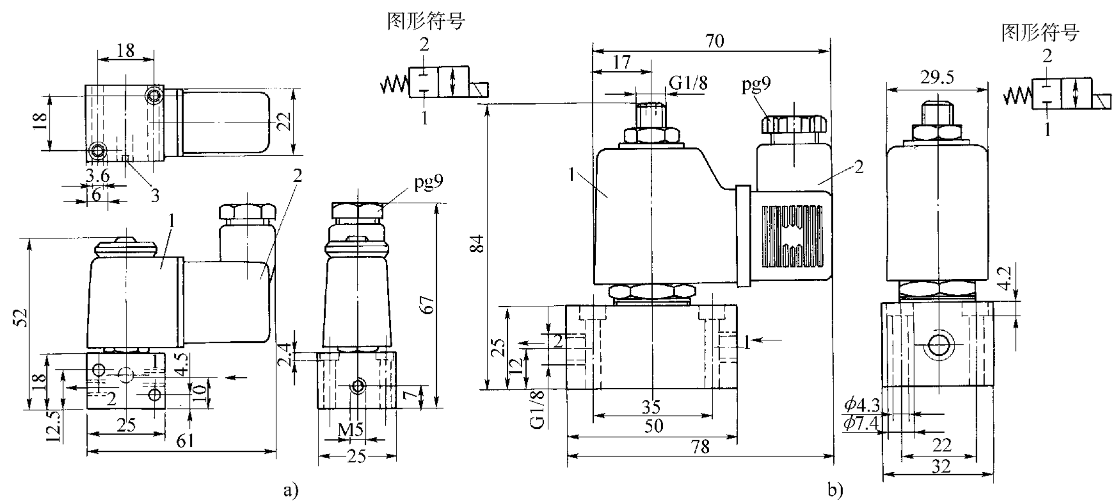


图 23.5-48　MFH-2-M5、MC-2-$^1/_8$ 型二位二通直动截止式电控换向阀

a）MFH-2-M5　b）MC-2-$^1/_8$

3. MN1H-2-MS 系列多种流体二位二通先导膜片式电控换向阀

1）技术规格（见表 23.5-143）。

2）外形尺寸（见表 23.5-144）。

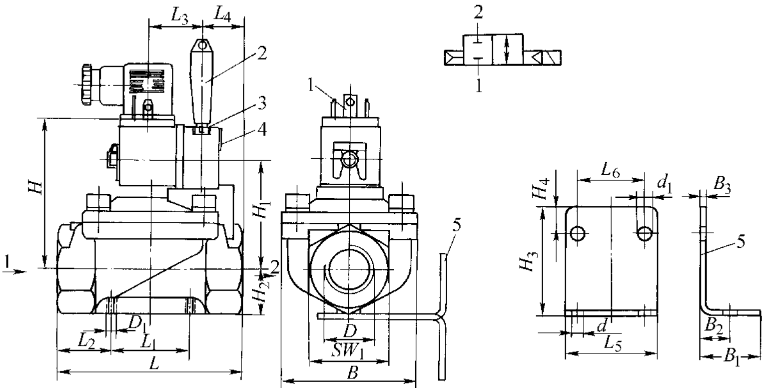
表 23.5-143　MN1H-2-MS 系列多种流体二位二通先导膜片式电控换向阀技术规格

型　号	MN1H-2-$^1/_4$-MS	MN1H-2-$^3/_8$-MS	MN1H-2-$^1/_2$-MS	MN1H-2-$^3/_4$-MS	MN1H-2-1-MS	MN1H-2-1$^1/_2$-MS
公称通径/mm		13		20	25	40
接管螺纹	G$^1/_4$	G$^3/_8$	G$^1/_2$	G$^3/_4$	G1	G1$^1/_2$
工作介质	过滤压缩空气（润滑或未润滑），蒸馏水或矿物液压油（粘度达到 22mm^2/s）					
结构特点	提动阀，先导式，膜片控制					
安装方式	管式安装，螺纹安装或支架安装					
介质温度/℃	环境温度 -10～35；-10～80 环境温度 -10～60；-10～60					
工作压力范围/MPa	0.05～1.0					
最小开启压差/MPa	0.08					
标准额定流量（1→2）/L·min^{-1}	2000	2900	3100	10.000	11.500	30.500
水的 K_v 值 /m^3·min^{-1}	1.818	2.636	2.818	9.091	10.455	27.727

（续）

工作电压/V		DC：24，AC：110、230		
功率消耗		直流：2.5W；交流：保持3.7VA，开启5VA		
开关时间、开/关（0.6MPa时）/ms	压缩空气	30/100	120/180	300～440/300～1000
	水	50/220	75/350	230～550/1000～14000

表 23.5-144　MN1H-2-MS 系列多种流体二位二通先导膜片式电控换向阀外形尺寸　（mm）



1—插头(A 型)　2—手控，带工具，锁定型　3—手控，不带工具，无锁定装置　4—标牌位置　5—安装支架 HRM-···

阀　型　号	B	D	D_1	H	H_1	H_2	L	L_1	L_2	L_3	L_4	SW_1
MN1H-2-$^1/_4$-MS	48	G$^1/_4$	M4	67	46	15	67	25	21	26.5	20	27
MN1H-2-$^3/_8$-MS	48	G$^3/_8$	M4	67	46	15	67	25	21	26.5	20	27
MN1H-2-$^1/_2$-MS	48	G$^1/_2$	M4	67	46	15	67	25	21	26.5	20	27
MN1H-2-$^3/_4$-MS	70	G$^3/_4$	M6	78	57	23	95	40	27.5	26.5	21.5	41
MN1H-2-1-MS	70	G1	M6	78	57	23	95	40	27.5	26.5	21.5	41
MN1H-2-1$^1/_2$-MS	96	G1$^1/_2$	M6	91.5	70.5	31.5	140	59.5	38.3	26.5	30	58

安装支架型号	B_1	B_2	B_3	d ϕ	d_1 ϕ	H_3	H_4	L_5	L_6
HRM-1	25	12.5	2	6	5	37	10	40	25
HRM-2	35	17.5	3	7	7	66	16	55	40
HRM-3	47	23.5	3	9	7	87	23	75	59.5

4. MFH-3 系列二位三通先导截止式单电控换向阀(可用于真空)

1）技术规格(见表 23.5-145)。

2）外形尺寸(见表 23.5-146)。

表 23.5-145　MFH-3 系列二位三通先导截止式单电控换向阀技术规格

型　　号①	常断型：MFH-3-$^1/_8$、MFH-3-$^1/_4$ 常通型：MOFH-3-$^1/_8$、MOFH-3-$^1/_4$	外控式：② MFH-3-$^1/_8$-S MFH-3-$^1/_4$-S	常断型：MFH-3-$^1/_2$、MFH-3-$^3/_4$ 常通型：MOFH-3-$^1/_2$、MOFH-3-$^3/_4$	外控式：② MFH-3-$^1/_2$-S MFH-3-$^3/_4$-S
公称通径/mm	5		7	
接管螺纹	G$^1/_8$、G$^1/_4$	G$^1/_8$、G$^1/_4$、81 口：M5	G$^1/_2$、G$^3/_4$	G$^1/_2$、G$^3/_4$、81 口：G$^1/_8$
工作介质	经过滤的压缩空气(有无润滑油均可)、真空			
环境(介质)温度/℃	−5～40(−10～60)			

（续）

工作压力范围/MPa	0.15～0.8	−0.095～1.0	0.2～0.8	−0.095～1.0
结构特点	提动阀(截止阀)结构、单电先导式、弹簧复位			
控制压力范围/MPa③	0.1～0.3 (0.11～0.36)	0.1～0.8	0.12～0.4 (0.1～0.42)	0.1～0.8
标准额定流量/ $L \cdot min^{-1}$③(1→2)	500、(800)		4500、(7500)	
换向时间、开/关③ 0.6MPa 时/ms	12/38、(15/45)		30/90、(50/60)	
使用电压/V	DC：12、24；AC：24、42、110、220			
功率消耗	DC：4.5W；AC：保持时 6VA，动作时 7.5VA			

① 订货时应在型号后面注明电压。
② 适用于真空工作(真空口接 1 口)。
③ 括号中的值分别为接管螺纹 $G^1/_4$、$G^3/_4$ 阀的值。
注：型号意义：

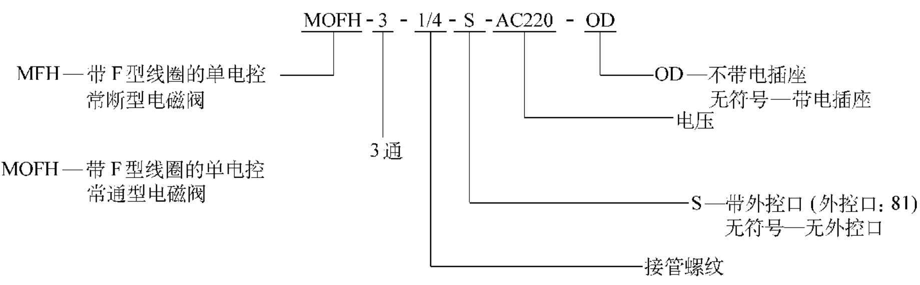
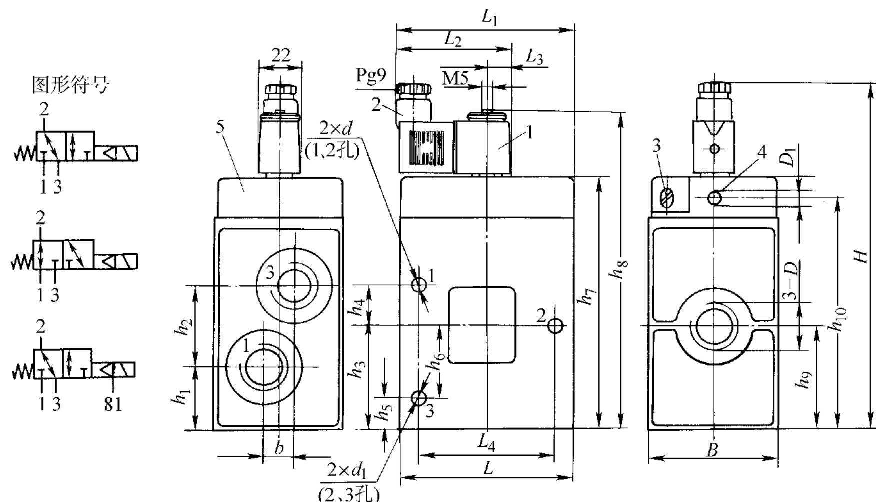


表 23.5-146　MFH-3 系列二位三通先导截止式单电控换向阀外形尺寸　(mm)



1—电磁线圈(可旋转)　2—插头可转 180°安装　3—手控按钮　4—阀的外控口(MFH-3…S 型)　5—端盖可转 180°安装
1、11(P)—进气口　2(A)—工作口　3、33(R)—排气口　81—外控口

（续）

型号		D	D_1	L	L_1	L_2	L_3	L_4	H	h_1	h_2	h_3
MFH-3-$^1/_8$ MOFH-3-$^1/_8$	MFH-3-$^1/_8$-S	G$^1/_8$	M5	45	71	61	12.5	35	113	12.5	19	
MFH-3-$^1/_4$ MOFH-3-$^1/_4$	MFH-3-$^1/_4$-S	G$^1/_4$		50	73.5			40	128	17	24	
MFH-3-$^1/_2$ MOFH-3-$^1/_2$	MFH-3-$^1/_2$-S	G$^1/_2$	G$^1/_8$	80	88.5			58	167	30	38	49
MFH-3-$^3/_4$ MOFH-3-$^3/_4$	MFH-3-$^3/_4$-S	G$^3/_4$		92	94.5			72	187	34	44	56

型号		h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	B	b	d ϕ	d_1 ϕ
MFH-3-$^1/_8$ MOFH-3-$^1/_8$	MFH-3-$^1/_8$-S		12.5	9.5	63	98.5	22	53.5	26	7	0	5.5
MFH-3-$^1/_4$ MOFH-3-$^1/_4$	MFH-3-$^1/_4$-S		5	24	78	113.5	29	68.5	30.4	10	0	6.5
MFH-3-$^1/_2$ MOFH-3-$^1/_2$	MFH-3-$^1/_2$-S	19			117	152	49	106.5	52	16	8.5	0
MFH-3-$^3/_4$ MOFH-3-$^3/_4$	MFH-3-$^3/_4$-S	22			137	172.5	56	126	68	16	8.6	0

5. MVH、MFH系列二位五通、三位五通先导式单、双电控换向阀(可用于真空)

1）技术规格(见表23.5-147)。

2）外形尺寸(见图23.5-49～图23.5-52)。

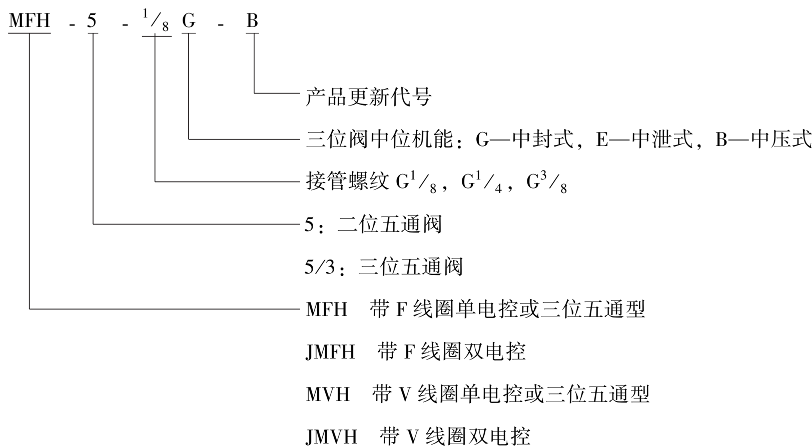
表23.5-147 MVH、MFH系列二位五通、三位五通先导式单、双电控换向阀技术规格

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">技术规格</td><td colspan="8">单电控(二位五通阀)</td><td colspan="8">双电控(具有记忆功能)</td></tr>
<tr><td colspan="4">弹簧复位</td><td colspan="4">气复位</td><td colspan="4">二位五通阀</td><td colspan="4">三位五通阀</td></tr>
<tr><td colspan="2">不带先导气口</td><td colspan="2">带先导①气口</td><td colspan="2">不带先导气口</td><td colspan="2">带先导①气口</td><td colspan="2">不带先导气口</td><td colspan="2">带先导①气口</td><td colspan="2">不带先导气口</td><td colspan="2">带先导①气口</td></tr>
<tr><td colspan="2">公称通径/mm</td><td>5</td><td colspan="2">7</td><td>12</td><td>8</td><td colspan="2">10</td><td>12</td><td>8</td><td colspan="2">10</td><td>12</td><td>8</td><td colspan="2">10</td><td>12</td></tr>
<tr><td rowspan="3">接管螺纹</td><td>1、2、3、4、5口</td><td>G$^1/_8$</td><td colspan="2">G$^1/_4$</td><td>G$^3/_8$</td><td>G$^1/_8$</td><td colspan="2">G$^1/_4$</td><td>G$^3/_8$</td><td>G$^1/_8$</td><td colspan="2">G$^1/_4$</td><td>G$^3/_8$</td><td>G$^1/_8$</td><td colspan="2">G$^1/_4$</td><td>G$^3/_8$</td></tr>
<tr><td>12、14口</td><td colspan="16">G$^1/_8$</td></tr>
<tr><td>84、(82)②</td><td colspan="16">M5</td></tr>
<tr><td colspan="2">工作介质</td><td colspan="16">经过滤的压缩空气(有无润滑油均可)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">环境(介质)温度/°C</td><td>V型电磁线圈</td><td colspan="16">-5～50(-5～50)</td></tr>
<tr><td>F型电磁线圈</td><td colspan="16">-5～40(-10～60)</td></tr>
<tr><td colspan="2">结构特点</td><td colspan="4">提动阀(截止阀)</td><td colspan="4">滑阀</td><td colspan="8">滑阀、带排气口(84、82)</td></tr>
<tr><td colspan="2">安装方式</td><td colspan="16">阀体上通孔</td></tr>
<tr><td colspan="2">工作压力范围/MPa③</td><td colspan="2">0.2～1.0</td><td colspan="2">0～1.0
(-0.09～1)</td><td colspan="2">0.3～1.0
(0.2～1.0)</td><td colspan="2">-0.09～1.0</td><td colspan="2">0.2～1.0</td><td colspan="2">-0.09～1.0</td><td colspan="2">0.3～1.0</td><td colspan="2">-0.09～1.0</td></tr>
</table>

（续）

项目																
先导压力范围/MPa④				0.2～1.0 (0.15～1.0)			0.3～1.0 (0.2～1.0)				0.2～1.0				0.3～1.0	
标准额定流量 /L·min⁻¹ (1→2,1→4)		750	1300	2000	1000	1600	2000	1000		1600	2000	1000		1600	中封	2000
															中泄	2200
															中压	2600
响应时间、开/关/ms (0.6MPa 时)	V 形电磁线圈	20/36		22/60	31/18	33/40	22/60	反向	18	16	17	中封	18/26	24/36	26/88	
												中泄	30/26	32/36	32/88	
												中压	30/26	30/38	32/82	
	F 形电磁线圈	10/30	12/36	20/56	10/30	25/44	28/55	反向	12	14	14	中封	18/20	20/22	24/80	
												中泄	20/20	24/36	36/85	
												中压	30/26	34/30	30/82	
工作电压/V	V 形线圈：DC：24；F 形线圈：DC：12、24、42、48，AC：24、48、110、230、240															
功率消耗⑤	V 形线圈 DC：2.5W；F 形线圈：DC：4.5W，AC：保持：6VA，开关：7.5VA															

① 适用于真空工作。
② 气口 82 的尺寸仅适用于双电控阀。
③ 括号中的值为接管螺纹 G³/₈ 阀的工作压力范围。
④ 括号中的值(0.15～1.0)、(0.2～1.0)分别为接管螺纹 G¹/₄ 与 G³/₈ 阀的压力范围。
⑤ V 形线圈功耗低(2.5W)，但只有直流(DC24V)无交流；F 形线圈可用于交、直流(直流功率 4.5W)。
注：型号意义：



示例：MFH-5/3G-¹/₈-B　三位五通、中封式、接管螺纹 G¹/₈ 电控阀。

6. VL、J 系列二位五通、三位五通单、双气控换向阀

1）技术规格(见表 23.5-148)。

2）外形尺寸(见图 23.5-53、图 23.5-54)

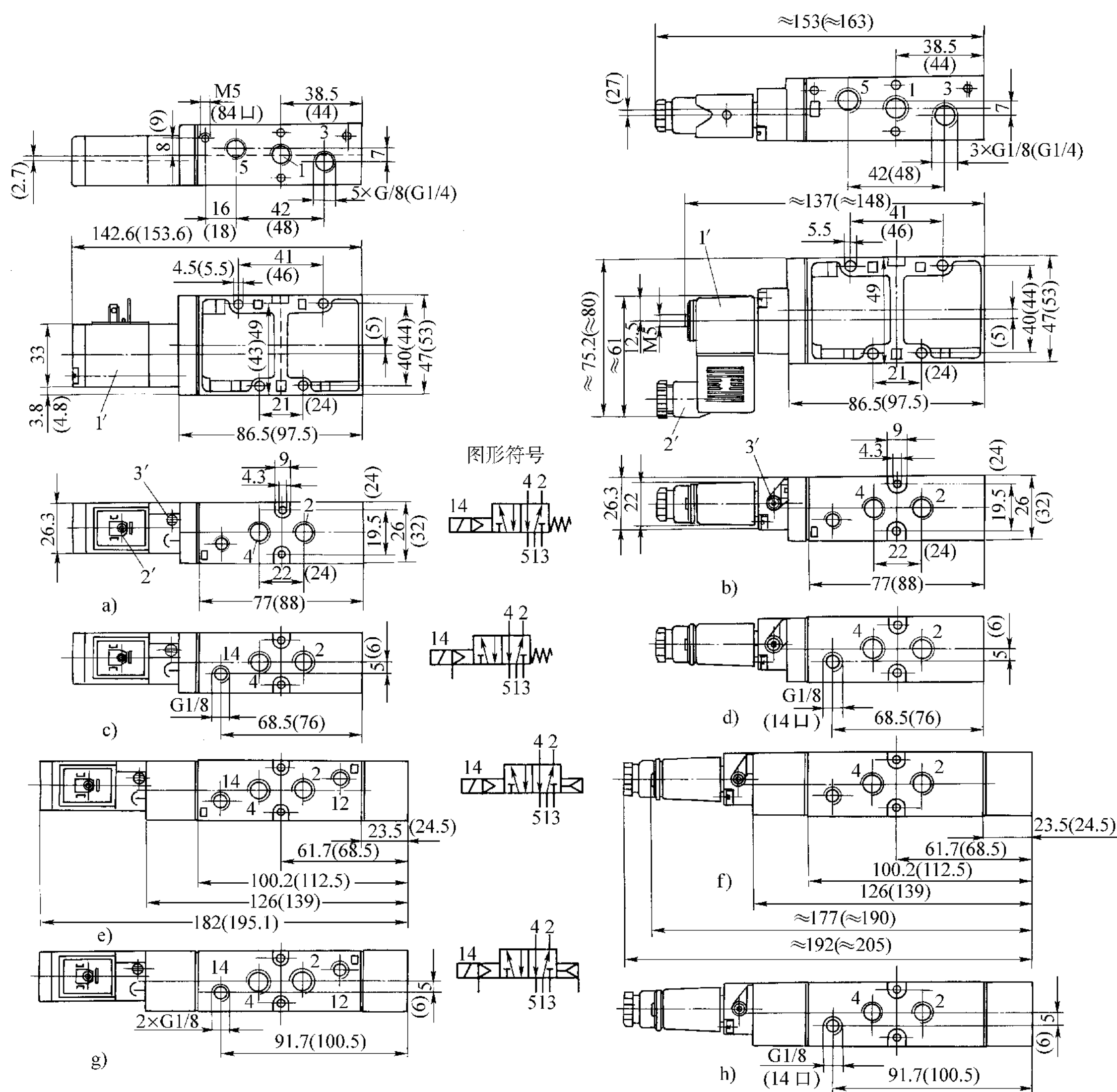


图23.5-49　$G^1/_8$、$G^1/_4$MVH、MFH系列二位五通先导式单电控换向阀外形尺寸

a）弹簧复位 MVH-5-$^1/_8$(或$^1/_4$)-B　b）弹簧复位 MFH-5-$^1/_8$(或$^1/_4$)-B

c）弹簧复位带先导气口 MVH-5-$^1/_8$(或$^1/_4$)-S-B

d）弹簧复位带先导气口 MFH-5-$^1/_8$(或$^1/_4$)-S-B

e）气复位 MVH-5-$^1/_8$(或$^1/_4$)-L-B

f）气复位 MFH-5-$^1/_8$(或$^1/_4$)-L-B

g）气复位、带先导气口 MVH-5-$^1/_8$(或$^1/_4$)-L-S-B

h）气复位、带先导气口 MFH-5-$^1/_8$(或$^1/_4$)-L-S-B

1′—电磁线圈，可旋转180°　2′—插头，与DIN43650B型标准插座匹配　3′—手控按钮

1—进气口　4、2—工作口　5、3—排气口　14、12—外控口　84—控制气路排气口

注：1. 图中括号中的尺寸为接管螺纹 $G^1/_4$ 阀的尺寸。

2. 气复位的阀(MVH…L…,MFH…L…)气口2与4、3与5分别与图中位置相反。

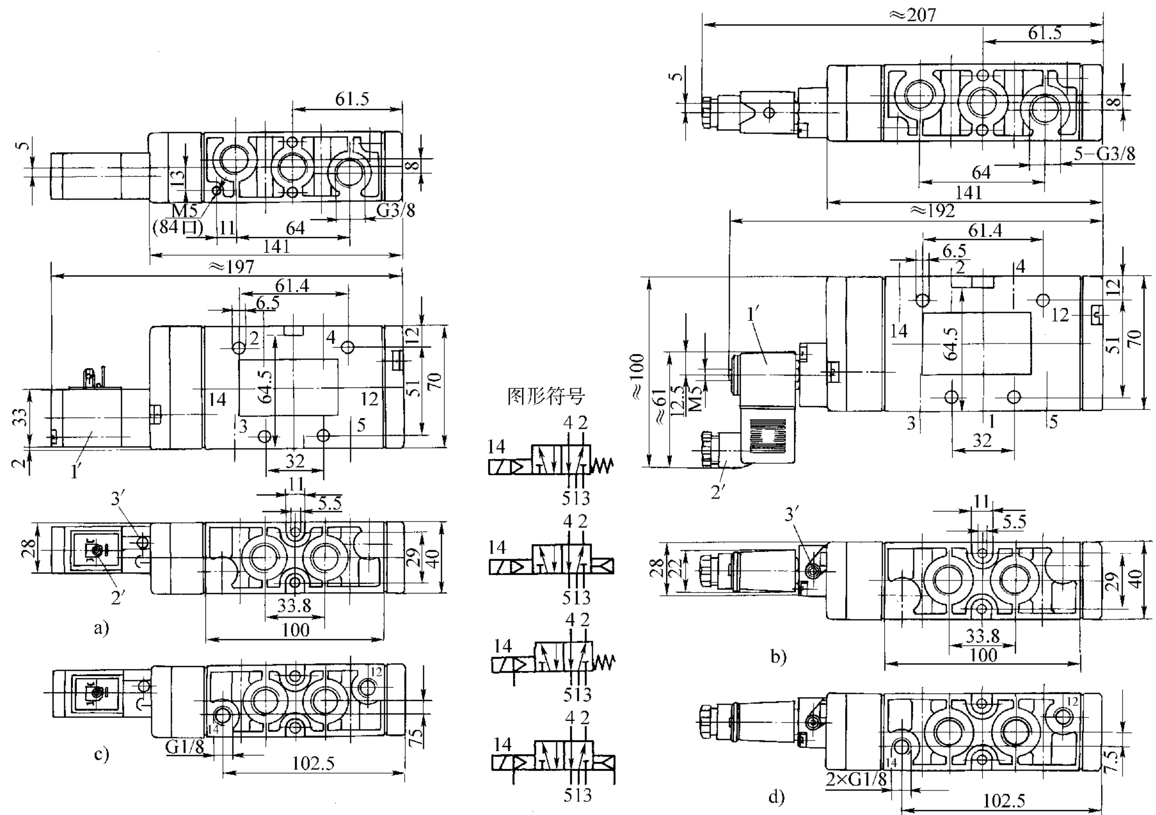


图 23.5-50　$G^{3}/_{8}$MVH、MFH 系列二位五通先导式单电控换向阀外形尺寸

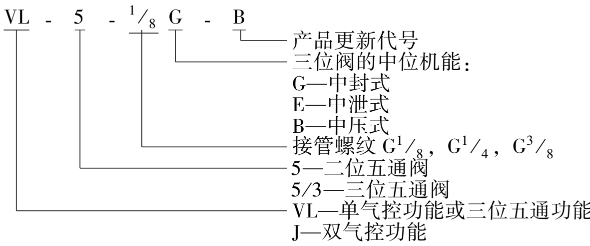
a）弹簧复位 MVH-5-$^{3}/_{8}$-B　气复位 MVH-5-$^{3}/_{8}$-L-B　b）弹簧复位 MFH-5-$^{3}/_{8}$-B　气复位 MFH-5-$^{3}/_{8}$-L-B　c）弹簧复位、带先导气口 MVH-5-$^{3}/_{8}$-S-B　气复位、带先导气口 MVH-5-$^{3}/_{8}$-L-S-B　d）弹簧复位、带先导气口 MFH-5-$^{3}/_{8}$-S-B　气复位、带先导气口 MFH-5-$^{3}/_{8}$-L-S-B

1′—电磁线圈，可旋转 180°　2′—插头，与 DIN43650B 型标准插座匹配　3′—手控按钮

表 23.5-148　VL、J 系列二位五通、三位五通单、双气控换向阀技术规格

技术规格		$G^{1}/_{8}$			$G^{1}/_{4}$			$G^{3}/_{8}$		
		单气控二位五通阀	双气控二位五通阀	双气控三位五通阀	单气控二位五通阀	双气控二位五通阀	双气控三位五通阀	单气控二位五通阀	双气控二位五通阀	双气控三位五通阀
公称通径/mm		5	8		7	10		12		
接管螺纹	1，2，3，4，5 口	$G^{1}/_{8}$			$G^{1}/_{4}$			$G^{3}/_{8}$		
	12，14 口	$G^{1}/_{8}$								
工作介质		经过滤的压缩空气(有无润滑油均可)								
环境(介质)温度/℃		-10～60(-10～60)								
结构特点		提动阀	滑阀		提动阀	滑阀		滑阀，弹簧复位		
工作压力范围/MPa		1	-0.09～1		0～1	-0.09～1		-0.09～1		
先导压力范围/MPa		0.15～1	0.2～1	0.3～1	0.15～1	0.2～1	0.3～1	0.2～1	0.2～1	0.3～1
标准额定流量 1→2，1→4/L·min^{-1}		750	800		1300	1600		2000		
压力 0.6MPa 开/关响应时间/ms		2/10	反向：3	5/14	2/12	反向：3	6/26	4/16	反向：3	7/28

注：型号意义：



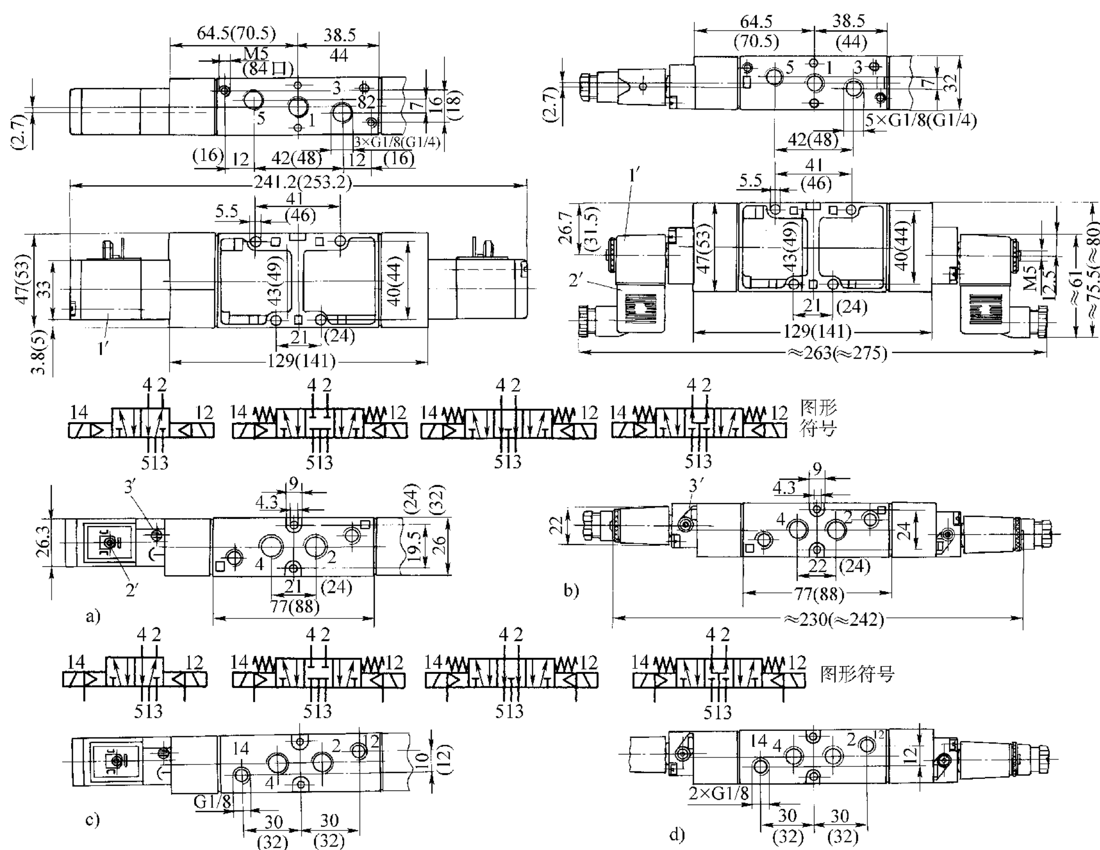


图23.5-51　$G^1/_8$、$G^1/_4$MVH、MFH系列二位五通、三位五通先导式双电控换向阀

a）不带先导气口（二位阀）JMVH-5-$^1/_8$（或$^1/_4$）-B

三位阀：中封式 MVH-$^5/_3$G-$^1/_8$（或$^1/_4$）-B

中泄式 MVH-$^5/_3$E-$^1/_8$（或$^1/_4$）-B

中压式 MVH-$^5/_3$B-$^1/_8$（或$^1/_4$）-B

b）不带先导气口（二位阀）JMFH-5-$^1/_8$（或$^1/_4$）-B

三位阀：中封式 MFH-$^5/_3$G-$^1/_8$（或$^1/_4$）-B

中泄式 MFH-$^5/_3$E-$^1/_8$（或$^1/_4$）-B

中压式 MFH-$^5/_3$B-$^1/_8$（或$^1/_4$）-B

c）带先导气口（二位阀）JMVH-5-$^1/_8$（或$^1/_4$）-S-B

带先导气口（三位阀）：中封式 MVH-$^5/_3$G-$^1/_8$（或$^1/_4$）-S-B

中泄式 MVH-$^5/_3$E-$^1/_8$（或$^1/_4$）-S-B

中压式 MVH-$^5/_3$B-$^1/_8$（或$^1/_4$）-S-B

d）带先导气口（二位阀）JMFH-5-$^1/_8$（或$^1/_4$）-S-B

带先导气口（三位阀）：中封式 MFH-$^5/_3$G-$^1/_8$（或$^1/_4$）-S-B

中泄式 MFH-$^5/_3$E-$^1/_8$（或$^1/_4$）-S-B

中压式 MFH-$^5/_3$B-$^1/_8$（或$^1/_4$）-S-B

1′—电磁线圈，可旋转360°（与手控按钮无关）　2′—插头，可转180°安装　3′—手控按钮，可转180°安装

注：图中括号中的尺寸为接管螺纹$G^1/_4$阀的尺寸。

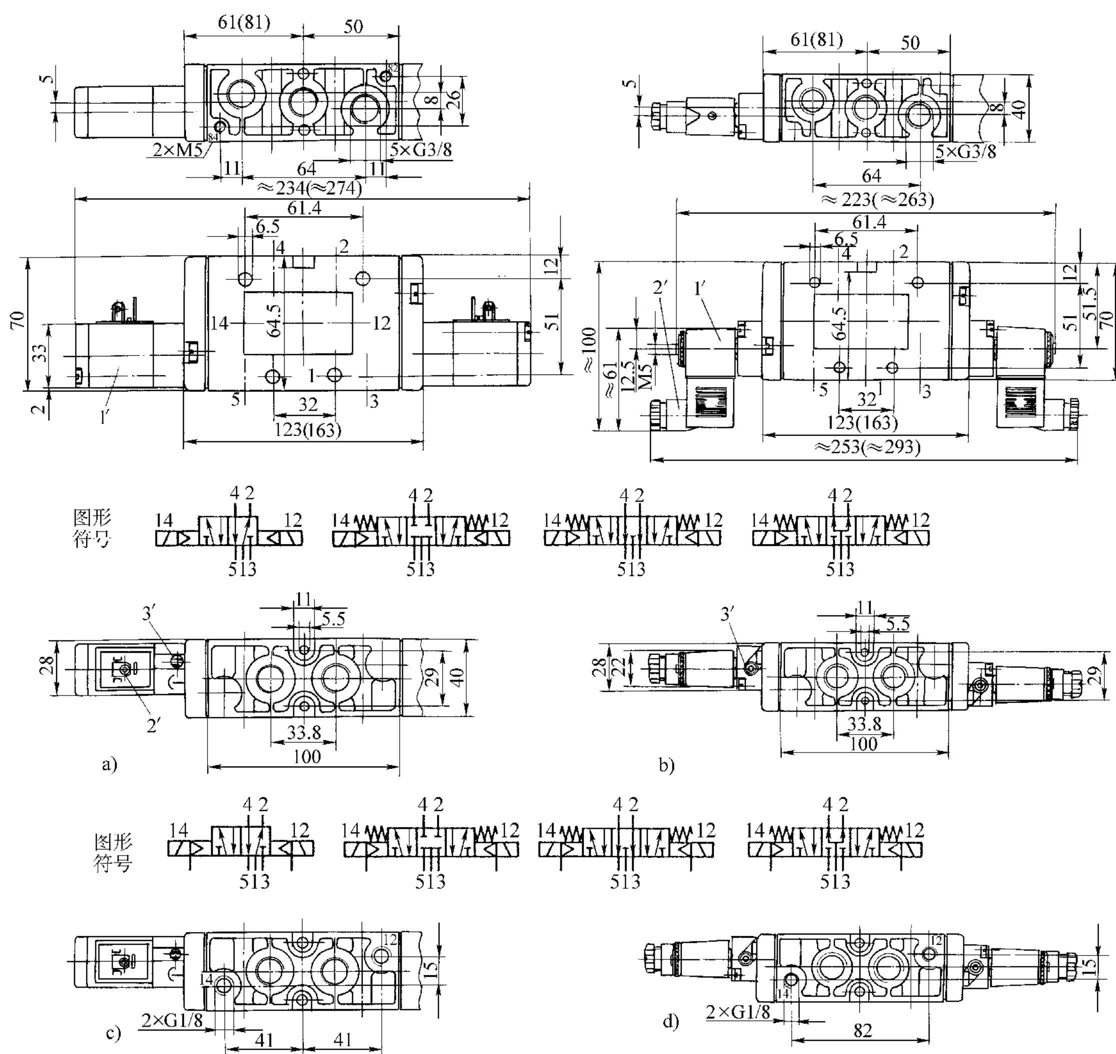


图 23. 5-52　G$^{3}/_{8}$、MVH、MFH 系列二位五通、三位五通先导式双电控换向阀

a）不带先导气口(二位阀)JMVH-5-$^{3}/_{8}$-B

三位阀：中封式 MVH-$^{5}/_{3}$G-$^{3}/_{8}$-B

中泄式 MVH-$^{5}/_{3}$E-$^{3}/_{8}$-B

中压式 MVH-$^{5}/_{3}$B-$^{3}/_{8}$-B

b）不带先导气口(二位阀)JMFH-5-$^{3}/_{8}$-B

三位阀：中封式 MFH-$^{5}/_{3}$G-$^{3}/_{8}$-B

中泄式 MFH-$^{5}/_{3}$E-$^{3}/_{8}$-B

中压式 MFH-$^{5}/_{3}$B-$^{3}/_{8}$-B

c）带先导气口(二位阀)JMVH-5-$^{3}/_{8}$-S-B

带先导气口(三位阀)：中封式 MVH-$^{5}/_{3}$G-$^{3}/_{8}$-S-B

中泄式 MVH-$^{5}/_{3}$E-$^{3}/_{8}$-S-B

中压式 MVH-$^{5}/_{3}$B-$^{3}/_{8}$-S-B

d）带先导气口(二位阀)JMFH-5-$^{3}/_{8}$-S-B

带先导气口(三位阀)：中封式 MFH-$^{5}/_{3}$G-$^{3}/_{8}$-S-B

中泄式 MFH-$^{5}/_{3}$E-$^{3}/_{8}$-S-B

中压式 MFH-$^{5}/_{3}$B-$^{3}/_{8}$-S-B

1′—电磁线圈可旋转 360°(与手控按钮无关)　2′—插头，可转 180°安装　3′—手控按钮

注：图中括号中的尺寸为三位阀的尺寸。

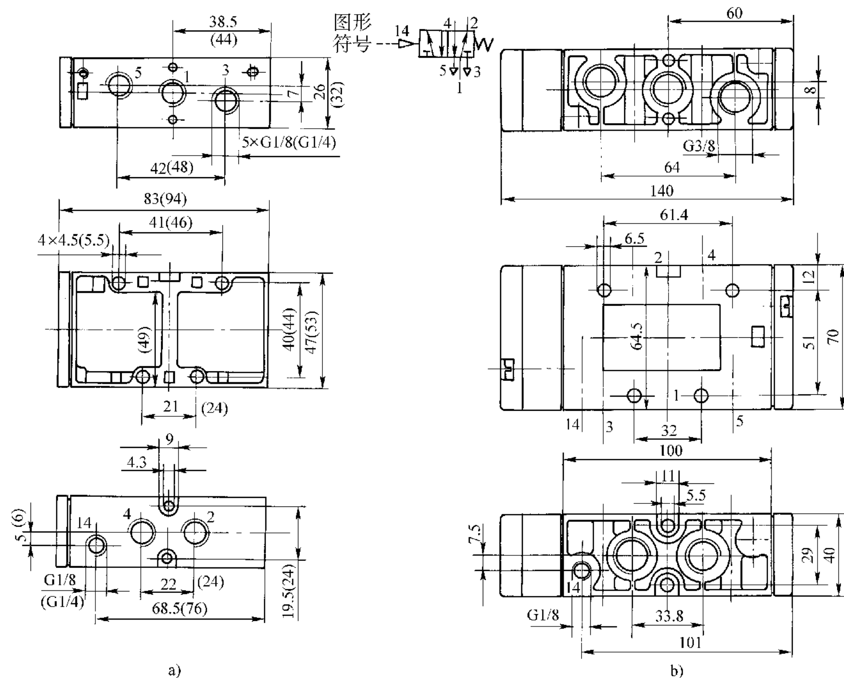


图 23.5-53 VL系列二位五通单气控换向阀外形尺寸

a）VL-5-$^1/_8$-B VL-5-$^1/_4$-B b）VL-5-$^3/_8$-B

注：括号中的尺寸为接管螺纹 G$^1/_4$ 阀的尺寸

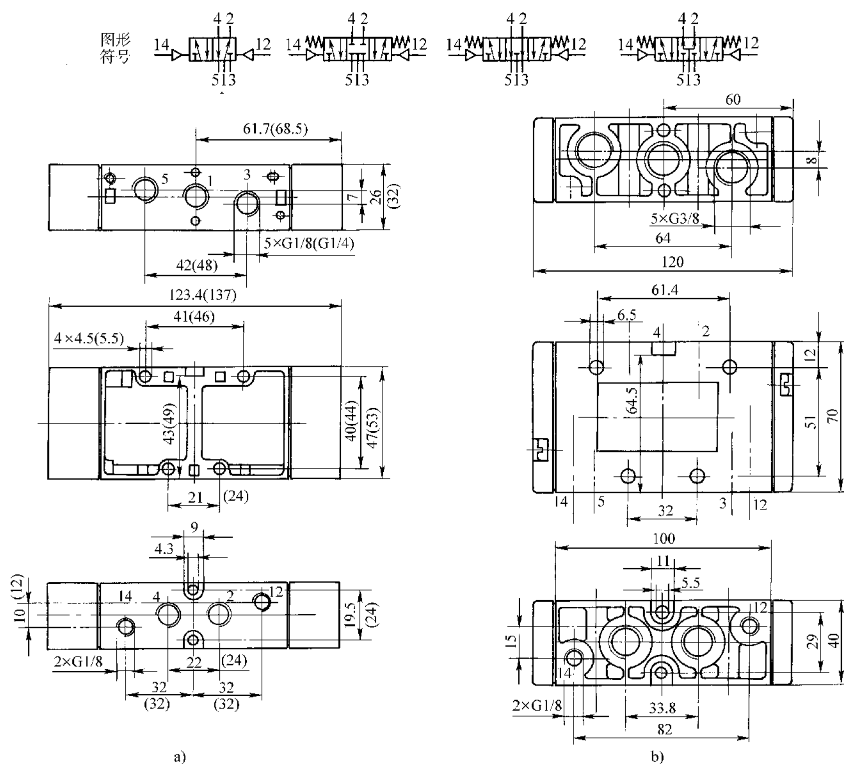


图 23.5-54 J、VL系列二位五通、三位五通双气控换向阀外形尺寸

a）J-5-$^1/_8$（或$^1/_4$）-B VL-$^5/_3$-$^1/_8$（或$^1/_4$）G-B VL-$^5/_3$-$^1/_8$（或$^1/_4$）E-B VL-$^5/_3$-$^1/_8$（或$^1/_4$）B-B

b）J-5-$^3/_8$-B VL-$^5/_3$-$^3/_8$G-B VL-$^5/_3$-$^3/_8$E-B VL-$^5/_3$-$^3/_8$B-B

注：括号中的尺寸为接管螺纹 G$^1/_4$ 阀的尺寸

7. ISO 标准 MN1H、MFH、MEBH、MDH 系列二位五通、三位五通先导式单、双电控换向阀（可用于真空）

1）图形符号及型号（见表 23.5-149）。

表 23.5-149　ISO 标准 MN1H、MFH、MEBH、MDH 系列二位五通、三位五通先导式单、双电控换向阀图形符号及型号

电控阀	ISO 规格 1 型号	ISO 规格 2 型号	ISO 规格 3 型号	ISO 规格 4 型号
图形符号	二位五通单电控阀			
单电控阀 气复位 不带先导气口	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-1-C MFH-$^{5}/_{2}$-D-1-C MEBH-$^{5}/_{2}$-D-1-ZSR-C	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-2-C MFH-$^{5}/_{2}$-D-2-C MEBH-$^{5}/_{2}$-D-2-ZSR-C	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-3-C MFH-$^{5}/_{2}$-D-3-C MEBH-$^{5}/_{2}$-D-3-ZSR-C	MDH-$^{5}/_{2}$-$^{3}/_{4}$-D-4-24　24VDC MDH-$^{5}/_{2}$-$^{3}/_{4}$-D-4 * 先导阀 MDH-$^{3}/_{2}$-24VDC　24VDC MDH-$^{3}/_{2}$-110V/50Hz　110VAC MDH-$^{3}/_{2}$-230V/50Hz　230CAC MDH-$^{3}/_{2}$-24/42 ~　24VDC/42VAV
单电控阀 气复位 带先导气口	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-1-S-C MFH-$^{5}/_{2}$-D-1-S-C	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-2-S-C MFH-$^{5}/_{2}$-D-2-S-C	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-3-S-C MFH-$^{5}/_{2}$-D-3-S-C	
单电控阀 弹簧复位 不带先导气口	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-1-FR-C MFH-$^{5}/_{2}$-D-1-FR-C MEBH-$^{5}/_{2}$-D-1-ZSR-FR-C	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-2-FR-C MFH-$^{5}/_{2}$-D-2-FR-C MEBH-$^{5}/_{2}$-D-2-ZSR-FR-C	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-3-FR-C MFH-$^{5}/_{2}$-D-3-FR-C MEBH-$^{5}/_{2}$-D-3-ZSR-FR-C	
单电控阀 弹簧复位 带先导气口	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-1-FR-S-C	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-2-FR-S-C	MN1H-$^{5}/_{2}$-D-3-FR-S-C	
图形符号	二位五通双电控阀			
	JMN1H-$^{5}/_{2}$-D-1-C JMFH-$^{5}/_{2}$-D-1-C JMEBH-$^{5}/_{2}$-D-1-ZSR-C	JMN1H-$^{5}/_{2}$-D-2-C JMFH-$^{5}/_{2}$-D-2-C JMEBH-$^{5}/_{2}$-D-2-ZSR-C	JMN1H-$^{5}/_{2}$-D-3-C JMFH-$^{5}/_{2}$-D-3-C JMEBH-$^{5}/_{2}$-D-3-ZSR-C	JMDH-$^{5}/_{2}$-$^{3}/_{4}$-D-4-24　24VDC JMDH-$^{5}/_{2}$-$^{3}/_{4}$-D-4 * 先导阀 MDH-$^{3}/_{2}$-24VDC　24VDC MDH-$^{3}/_{2}$-110V/50Hz　110VAC MDH-$^{3}/_{2}$-230V/50Hz　230VAC MDH-$^{3}/_{2}$-24/42 ~　24VDC/42VAV
带先导气口	JMN1H-$^{5}/_{2}$-D-1-S-C JMFH-$^{5}/_{2}$-D-1-S-C	JMN1H-$^{5}/_{2}$-D-2-S-C JMFH-$^{5}/_{2}$-D-2-S-C	JMN1H-$^{5}/_{2}$-D-3-S-C JMFH-$^{5}/_{2}$-D-3-S-C	
14 口为主控信号 不带先导气口	JMN1DH-$^{5}/_{2}$-D-1-C JMFDH-$^{5}/_{2}$-D-1-C JMEBDH-$^{5}/_{2}$-D-1-ZSR-C	JMN1DH-$^{5}/_{2}$-D-2-C JMFDH-$^{5}/_{2}$-D-2-C JMEBDH-$^{5}/_{2}$-D-2-ZSR-C	JMN1DH-$^{5}/_{2}$-D-3-C JMFDH-$^{5}/_{2}$-D-3-C JMEBDH-$^{5}/_{2}$-D-3-ZSR-C	JMDH-$^{5}/_{2}$-$^{3}/_{4}$-D-4-24　24VDC JMDH-$^{5}/_{2}$-$^{3}/_{4}$-D-4 * 先导阀 MDH-$^{3}/_{2}$-24VDC　24VDC MDH-$^{3}/_{2}$-110V/50Hz　110VAC MDH-$^{3}/_{2}$-230V/50Hz　230VAC MDH-$^{3}/_{2}$-24/42　24VDC/42VAV
14 口为主控信号 带先导气口	JMN1DH-$^{5}/_{2}$-D-1-S-C	JMN1DH-$^{5}/_{2}$-D-2-S-C	JMN1DH-$^{5}/_{2}$-D-3-S-C	

（续）

电控阀	ISO 规格1 型 号	ISO 规格2 型 号	ISO 规格3 型 号	ISO 规格4 型 号
图形符号	三位五通双电控阀			
双电控阀 中封式 不带先导气口	MN1H-$^{5}/_{3}$G-D-1-C MFH-$^{5}/_{3}$G-D-1-C MEBH-$^{5}/_{3}$G-D-1- ZSR-C	MN1H-$^{5}/_{3}$G-D-2-C MFH-$^{5}/_{3}$G-D-2-C MEBH-$^{5}/_{3}$G-D-2- ZSR-C	MN1H-$^{5}/_{3}$G-D-3-C MFH-$^{5}/_{3}$G-D-3-C MEBH-$^{5}/_{3}$G-D-3- ZSR-C	MDH-$^{5}/_{3}$G-$^{3}/_{4}$-D-4-24 24VDC MDH-$^{5}/_{3}$G-$^{3}/_{4}$-D-4 * 先导型阀 MDH-$^{3}/_{2}$-24VDC 24VDC MDH-$^{3}/_{2}$-110V/50Hz 110VAC MDH-$^{3}/_{2}$-230V/50Hz 230VAC MDH-$^{3}/_{2}$-24 =/42 ~ 24VDC /42VAC
双电控阀 中封式 带先导气口	MN1H-$^{5}/_{3}$G-D-1-S-C MFH-$^{5}/_{3}$G-D-1-S-C	MN1H-$^{5}/_{3}$G-D-2-S-C MFH-$^{5}/_{3}$G-D-2-S-C	MN1H-$^{5}/_{3}$G-D-3-S-C MFH-$^{5}/_{3}$G-D-3-S-C	
双电控阀 中泄式 不带先导气口	MN1H-$^{5}/_{3}$E-D-1-C MFH-$^{5}/_{3}$E-D-1-C MEBH-$^{5}/_{3}$E-D-1- ZSR-C	MN1H-$^{5}/_{3}$E-D-2-C MFH-$^{5}/_{3}$E-D-2-C MEBH-$^{5}/_{3}$E-D-2- ZSR-C	MN1H-$^{5}/_{3}$E-D-3-C MFH-$^{5}/_{3}$E-D-3-C MEBH-$^{5}/_{3}$E-D-3- ZSR-C	MDH-$^{5}/_{3}$E-$^{3}/_{4}$-D-4-24 MDH-$^{5}/_{3}$E-$^{3}/_{4}$-D-4 * MDH-$^{3}/_{2}$-24VDC MDH-$^{3}/_{2}$-110V/50Hz MDH-$^{3}/_{2}$-230V/50Hz MDH-$^{3}/_{2}$-24/42 ~
双电控阀 中泄式 带先导气口	MN1H-$^{5}/_{3}$E-D-1-S-C MFH-$^{5}/_{3}$E-D-1-S-C	MN1H-$^{5}/_{3}$E-D-2-S-C MFH-$^{5}/_{3}$E-D-2-S-C	MN1H-$^{5}/_{3}$E-D-3-S-C MFH-$^{5}/_{3}$E-D-3-S-C	
双电控阀 中压式 不带先导气口	MN1H-$^{5}/_{3}$B-D-1-C MFH-$^{5}/_{3}$B-D-1-C MEBH-$^{5}/_{3}$B-D-1- ZSR-C	MN1H-$^{5}/_{3}$B-D-2-C MFH-$^{5}/_{3}$B-D-2-C MEBH-$^{5}/_{3}$B-D-2- ZSR-C	MN1H-$^{5}/_{3}$B-D-3-C MFH-$^{5}/_{3}$B-D-3-C MEBH-$^{5}/_{3}$B-D-3- ZSR-C	
双电控阀 中压式 带先导气口	MN1H-$^{5}/_{3}$B-D-1-S-C MFH-$^{5}/_{3}$B-D-1-S-C	MN1H-$^{5}/_{3}$B-D-2-S-C MFH-$^{5}/_{3}$B-D-2-S-C	MN1H-$^{5}/_{3}$B-D-3-S-C MFH-$^{5}/_{3}$B-D-3-S-C	

注：订货举例：15546MDH-$^{5}/_{3}$G-$^{3}/_{4}$-D-4-119602。

* 不带先导阀，订货时，必须加上先导阀代号。

2）技术规格（见表23.5-150）。

表 23.5-150　ISO MN1H、MFH、MEBH、MDH 系列二位五通、三位五通单、双电控换向阀技术规格

规　　格		电磁阀 ISO 规格 1		电磁阀 ISO 规格 2		电磁阀 ISO 规格 3		电磁阀 ISO 规格 4	
N1、F、EB、D 型电磁线圈共同规格	接管螺纹	$G^1/_4$（底座）		$G^3/_8$（底座）		$G^1/_2$（底座）		$G^3/_4$（底座）	
	公称通径/mm	8		11		14.5		18	
	工作介质	经过滤的压缩空气（有无润滑油均可）							
	结构特点	滑柱式结构、带密封套							
	安装方式	底座安装、安装面连接尺寸符合 ISO 5599/1 标准							
	标准额定流量（1→2，1→4）/$L\cdot min^{-1}$	1200		2300		二位五通：4500［6000］三位五通：中封式：4100［4800］；中泄式：4600［4800］；中压式：4000			
线圈类型		带 N1 型电磁线圈（规格 1、规格 2）				带 N1 型线圈（规格 3）、带 D 型线圈（规格 4）			
环境（介质）温度/°C		-10～50（-10～50）				-10～50（-10～50）　［-5～40（-10～60）］			
1. 单电控二位五通阀		气复位		弹簧复位		气复位		弹簧复位	
		不带先导气口	带先导气口①	不带先导气口	带先导气口①	不带先导气口	带先导气口①	不带先导气口	带先导气口①
工作压力范围/MPa		0.2～1.0	-0.09～1.6	0.3～1.0	-0.09～1.6	0.2～1.0［0.3～1.6］	-0.09～1.6	0.3～1.0	-0.09～1.6
先导压力范围/MPa			0.2～1.0		0.3～1.0		0.2～1.0		0.3～1.0
压力 0.6MPa 时开/关响应时间/ms		23/32（46/69）		17/39	（24/62）	49/71（53/85）		33/74	
2. 双电控二位五通阀		不带先导气口	带先导气口①	不带先导气口（14 口为主控信号口）	带先导气口①	不带先导气口	带先导气口①	不带先导气口（14 口为主控信号口）	带先导气口①
工作压力范围/MPa		0.2～1.0	-0.09～1.6	0.2～1.0	-0.09～1.6	0.2～1.0（0.2～1.6）	-0.09～1.6	0.2～1.0	-0.09～1.6
先导压力范围/MPa			0.2～1.0		0.2～1.0		0.2～1.6		0.2～1.0
压力 0.6MPa 时开/关响应时间/ms		18（21）		12/18；14/15（21/24；14/21）		21［40］		12/24；14/21	
3. 双电控三位五通阀		不带先导气口		带先导气口①		不带先导气口		带先导气口①	
工作压力范围/MPa		0.3～1.0		-0.09～1.6		0.3～1.0［0.3～1.6］		-0.09～1.6	
先导压力范围/MPa				0.3～1.0				0.3～1.0	
压力 0.6MPa 时开/关响应时间/ms		中封式：32/82；中泄式：36/84；中压式：35/78				中封式：33/82［85/290］；中泄式：36/84［85/290］；中压式：35/78			
工作电压/V		DC24；AC：110、230［DC 24；AC：42、110、230］							
功率消耗		DC：2.5W；AC：保持 5VA，开关 7.5VA［DC：6.8W；AC：42V：保持 12.2VA，开关 16.5VA AC：110、230V：保持 10.5VA，开关 14.5VA］							

（续）

线圈类型		带F型电磁线圈（规格1、规格2、规格3）			带EB型电磁线圈（规格1、规格2、规格3）	
环境（介质）温度/℃		-5～40（-10～60）			-5～50（-5～50）	
1. 单电控二位五通阀		气复位		弹簧复位	气复位	弹簧复位
		不带先导气口	带先导气口①	不带先导气口	不带先导气口	不带先导气口
工作压力范围/MPa		0.2～1.0	-0.09～1.6	0.3～1.0	0.2～1.0	0.3～1.0
先导压力范围/MPa			0.2～1.0			
压力0.6MPa时开/关响应时间/ms	规格1	33/35		16/45	20/33	15/50
	规格2	48/71		27/73	50/85	33/103
	规格3	60/60		30/82	59/87	28/109
2. 双电控二位五通阀		不带先导气口	带先导气口①	不带先导气口（14口为主控信号口）	不带先导气口	不带先导气口（14口为主控信号口）
工作压力范围/MPa		0.2～1.0	-0.09～1.6	0.2～1.0	0.2～1.0	0.2～1.0
先导压力范围/MPa			0.2～1.0			
压力0.6MPa时开/关响应时间/ms	规格1	16			22/33	15/50
	规格2	18			15	23
	规格3	18			16	20
3. 双电控三位五通阀		不带先导气口		带先导气口①	不带先导气口	不带先导气口
工作压力范围/MPa		0.3～1.0		-0.09～1.6	0.3～1.0	
先导压力范围/MPa				0.3～1.0		
压力0.6MPa时开/关响应时间/ms	规格1	中封式 18/36	中泄式 18/36	中压式 18/36	规格1：16/55	
	规格2	中封式 33/63	中泄式 35/37	中压式 35/69	规格2：30/106	
	规格3	中封式 36/77	中泄式 36/78	中压式 36/75	规格3：38/130	
电压/V		DC：12、24、48；AC：24、42、48、110、230、240			DC：24	
功率消耗		DC：4.5W；AC：保持6VA，开关7.5VA			DC：2.5W	

注：1. 表中（　）与[　]中的值分别为规格2（$G^3/_8$）和规格4（$G^3/_4$）的值。

2. 带①号者可用于真空工作。

3. 型号意义：

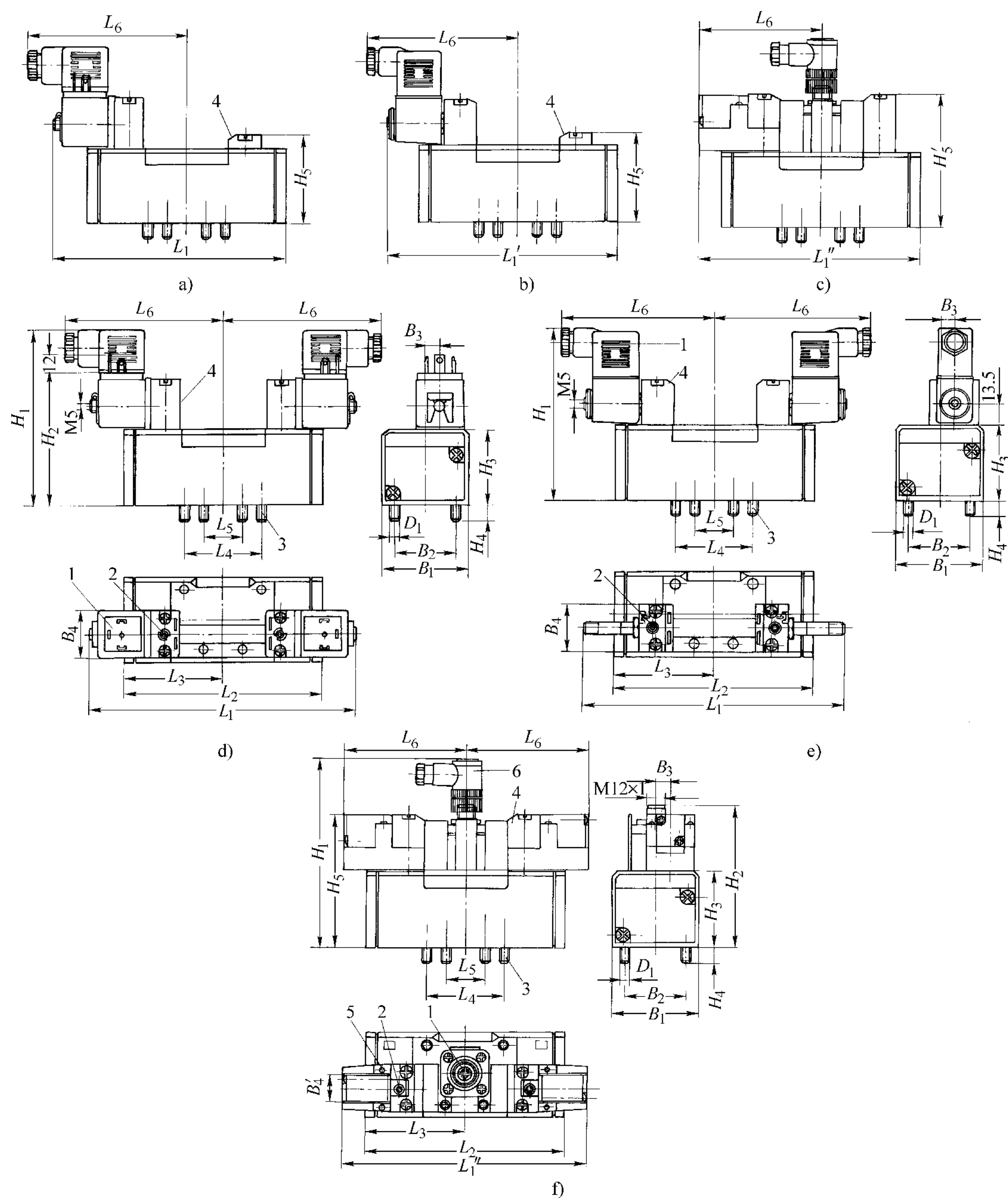
MN1H - 5/2 - D - 1 - ZSR - FR - S - C

- MN1H：带N1型线圈低功耗2.5W；JMN1H：双电控带N1型线圈；MFH：带F形线圈，DC，AC；JMFH：双电控带F形线圈；MEBH：带EB型线圈 M12螺纹接口 真流，低功耗2.5W；JMEBH：双电控带EB型线圈 M12螺纹接口直流，低功耗2.5W
- 5/2：二位五通；5/3：三位五通
- D：板式阀记号
- 1：阀的规格：1—ISO1；2—ISO2；3—ISO3；3/4—ISO4
- ZSR：插座在阀中央位置
- FR：弹簧复位
- S：带先导口（即外接先导口）
- C：改进系列编号

注：由于阀的电压品种较多，定购时需注明需要带线圈（电压等情况）。

3）外形尺寸（见表23.5-151、图23.5-55）。

表 23.5-151　ISO（规格 1、2、3）MN1H、MFH、MEBH 系列二位五通、三位五通先导式单、双电控换向阀外形尺寸　（mm）



a）单电控 MN1H　二位五通阀　ISO 规格 1、2、3　b）单电控 MFH　二位五通阀　ISO 规格 1、2、3
c）单电控 MEBH　二位五通阀　ISO 规格 1、2、3　d）双电控 JMN1H　二位五通阀　ISO 规格 1、2、3
双电控 MN1H　三位五通阀　ISO 规格 1、2、3　e）双电控 JMFH　二位五通阀　ISO 规格 1、2、3
双电控 MFH　三位五通阀　ISO 规格 1、2、3　f）双电控 JMEBH　二位五通阀　ISO 规格 1、2、3
双电控 MEBH　三位五通阀　ISO 规格 1、2、3
1—插座、插针型符合 DIN 43650 标准、A 型　2—手控钮　3—安装螺钉　4—标准槽　5—LED(先导阀)显示
6—直角插头　SEA—M12—4WD—PG7

（续）

型号			B_1	B_2	B_3	B_4	D_1	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
ISO 规格 1	ISO 规格 1	ISO 规格 1										
MN1H-5/2-···	MFH-5/2-···	MEBH-5/2-···	42	28	6	30	M5	106	74	38	9	46.5
MN1H-5/2-···-FR	MFH-5/2-···-FR	MEBH-5/2-···-FR				[17.5]		[100]				46.5
JMN1H-5/2-···	JMFH-5/2-···	JMEBH-5/2-···						[110]	[80.3]			—
MN1H-5/3-···	MFH-5/3-···	MEBH-5/3-···										—
ISO 规格 2	ISO 规格 2	ISO 规格 2										
MN1H-5/2-···	MFH-5/2-···	MEBH-5/2-···	54	38	9	30	M6	116	84	48	9.5	56.5
MN1H-5/2-···-FR	MFH-5/2-···-FR	MEBH-5/2-···-FR				[17.5]		[110]				56.5
JMN1H-5/2-···	JMFH-5/2-···	JMEBH-5/2-···						[120]	[90.1]			—
MN1H-5/3-···	MFH-5/3-···	MEBH-5/3-···										—
ISO 规格 3	ISO 规格 3	ISO 规格 3										
MN1H-5/2-···	MFH-5/2-···	MEBH-5/2-···	65	48	12	30	M8	123	91	55	12	63.5
MN1H-5/2-···-FR	MFH-5/2-···-FR	MEBH-5/2-···-FR				[17.5]		[117]				63.5
JMN1H-5/2-···	JMFH-5/2-···	JMEBH-5/2-···						[130]	[97.8]			—
MN1H-5/3-···	MFH-5/3-···	MEBH-5/3-···										—

型号			H_5'	L_1	L_1'	L_1''	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
ISO 规格 1	ISO 规格 1	ISO 规格 1									
MN1H-5/2-···	MFH-5/2-···	MEBH-5/2-···	74.7	117.5	115	110.8	87.6	43.8	36	18	89
MN1H-5/2-···-FR	MFH-5/2-···-FR	MEBH-5/2-···-FR		128	125.6	121.3	98	43.8			
JMN1H-5/2-···	JMFH-5/2-···	JMEBH-5/2-···		147.3	142.6	134	87.6	43.8			(88)
MN1H-5/3-···	MFH-5/3-···	MEBH-5/3-···		147.3	142.6	134	108.4	54.2			[67]
ISO 规格 2	ISO 规格 2	ISO 规格 2									
MN1H-5/2-···	MFH-5/2-···	MEBH-5/2-···	84.2	147.6	142	137.6	123.4	61.7	48	24	98
MN1H-5/2-···-FR	MFH-5/2-···-FR	MEBH-5/2-···-FR		161.5	159.4	154.9	140.7	61.7			
JMN1H-5/2-···	JMFH-5/2-···	JMEBH-5/2-···		165	160.4	151.8	123.4	61.7			(97)
MN1H-5/3-···	MFH-5/3-···	MEBH-5/3-···		165	160.4	151.8	158	79			[75.9]
ISO 规格 3	ISO 规格 3	ISO 规格 3									
MN1H-5/2-···	MFH-5/2-···	MEBH-5/2-···	93.1	169	163	158.7	145.4	72.7	64	32	109
MN1H-5/2-···-FR	MFH-5/2-···-FR	MEBH-5/2-···-FR		184.8	182	178	164.7	72.7			
JMN1H-5/2-···	JMFH-5/2-···	JMEBH-5/2-···		185.7	181	171.9	145.4	72.7			(107)
MN1H-5/3-···	MFH-5/3-···	MEBH-5/3-···		185.7	181	171.9	184	92			[86]

注：表中( )、[ ]中的尺寸分别为 MFH、JMFH 与 MEBH、JMEB 的尺寸。

a) b)

图 23.5-55 ISO(规格 4)MDH 系列二位五通、三位五通先导式单、双电控换向阀外形尺寸

a) 单电控 MDH 二位五通阀 ISO 规格 4 b) 双电控 JMDH 二位五通阀 ISO 规格 4、双电控 MDH 三位五通阀 ISO 规格 4

1—插座、插针型式符合 DIN43650 标准，A 型 2—手控钮 3—安装螺钉

4—电控线圈，不考虑手控钮位置，可作 90°调整

8. ISO 标准 VL、J 系列二位五通、三位五通单、双气控换向阀

1）图形符号及型号(见表 23. 5-152)。

2）技术规格(见表 23. 5-153)。

3）外形尺寸(见表 23. 5-154、图 23. 5-56)。

表 23. 5-152　ISO 标准 VL、J 系列二位五通、三位五通单、双气控换向阀图形符号及型号

图形符号	型号	ISO 规格
单气控阀 气复位	VL-5/2-D-1-C	1
	VL-5/2-D-2-C	2
	VL-5/2-D-3-C	3
	VL-5/2-D-4	4
单气控阀 弹簧复位	VL-5/2-D-1-FR-C	1
	VL-5/2-D-2-FR-C	2
	VL-5/2-D-3-FR-C	3
双气控阀	J-5/2-D-1-C	1
	J-5/2-D-2-C	2
	J-5/2-D-3-C	3
	J-5/2-D-4	4
双气控阀 14 口为主控信号	JD-5/2-D-1-C	1
	JD-5/2-D-2-C	2
	JD-5/2-D-3-C	3
双气控阀 中封式	VL-5/3G-D-1-C	1
	VL-5/3G-D-2-C	2
	VL-5/3G-D-3-C	3
	VL-5/3G-D-4	4
双气控阀 中泄式	VL-5/3E-D-1-C	1
	VL-5/3E-D-2-C	2
	VL-5/3E-D-3-C	3
	VL-5/3E-D-4	4
双气控阀 中压式	VL-5/3B-D-1-C	1
	VL-5/3B-D-2-C	2
	VL-5/3B-D-3-C	3

表 23. 5-153　ISO 标准 VL、J 系列二位五通、三位五通单、双气控换向阀技术规格

规格号		气控阀 ISO 规格 1	气控阀 ISO 规格 2	气控阀 ISO 规格 3	气控阀 ISO 规格 4
接管螺纹	1、2、3、4、5、口	$G^1/_4$(底座)	$G^3/_8$(底座)	$G^1/_2$(底座)	$G^3/_4$(底座)
	12、14 口	$G^1/_8$			
公称通径/mm		8	11	14.6	18
工作介质		经过滤的压缩空气(有无润滑油均可)			
结构特点		滑柱式结构、带密封套			
安装方式		底座安装，安装面连接尺寸符合 ISO 5599/1 标准			
标准额定流量 (1→2,1→4)/L · min^{-1}		1200	2300	二位五通阀：规格3 4500，规格4 6000；中封式 4100，4800；中泄式 4600，4800；中压式 4100	
环境(介质)温度/℃		-10~60(-10~60)			

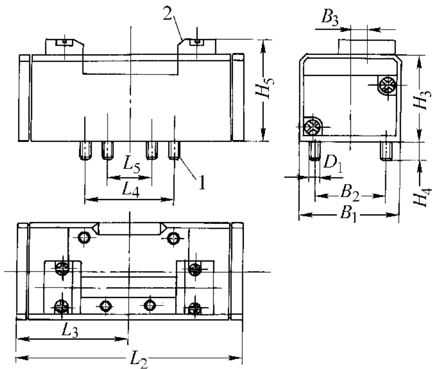
规格号							
1. 单气控二位五通阀	气复位	弹簧复位	气复位	弹簧复位	气复位	弹簧复位	气复位
工作压力范围/MPa	0.2~1.6	-0.09~1.6	0.2~1.6	-0.09~1.6	0.2~1.6	-0.09~1.6	-0.09~1.6
先导压力范围/MPa		0.3~1.6		0.3~1.6		0.3~1.6	
压力 0.6MPa 时开/关响应时间/ms	9/18	6/23	23/39	11/39	29/36	13/43	25/90
2. 双气控二位五通阀	气复位	弹簧复位	气复位	弹簧复位	气复位	弹簧复位	气复位
工作压力范围/MPa	-0.09~1.6						

（续）

先导压力范围/MPa	0.2～1.6				
压力0.6MPa时开/关响应时间/ms	6	6/4	8		20
3. 双气控三位五通阀					
工作压力范围/MPa	-0.09～1.6				
先导压力范围/MPa	0.3～1.6				
压力0.6MPa时开/关响应时间/ms	7/45		中封式：15/16； 中泄式：16/59； 中压式：15/57	中封式：17/61； 中泄式：18/63； 中压式：16/60	40/130

表23.5-154 ISO（规格1、2、3）VL、J系列二位五通、三位五通单、双气控换向阀外形尺寸

（mm）



1—安装螺钉 2—标牌

型号	B_1	B_2	B_3	D_1	H_3	H_4	H_5	L_2	L_3	L_4	L_5
ISO规格1											
VL-5/2-···	42	28	6	M5	38	9	46.5	87.6	43.8	36	18
VL-5/2-····-FR								98	43.8		
J-5/2-···								87.6	43.8		
VL-5/3-···								108.4	54.2		
ISO规格2											
VL-5/2-···	54	38	9	M6	48	9.5	56.5	123.4	61.7	48	24
VL-5/2-····-FR								140.7	61.7		
J-5/2-···								123.4	61.7		
VL-5/3-···								158	79		
ISO规格3											
VL-5/2-···	65	48	12	M8	55	12	63.5	145.4	72.7	64	32
VL-5/2-····-FR								164.7	72.7		
J-5/2-···								145.4	72.7		
VL-5/3-···								184	92		

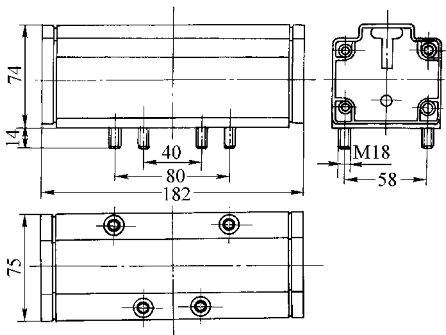


图 23.5-56　ISO(规格 4)VL、J 系列二位五通、三位五通单、双气控换向阀外形尺寸

单气控：VL-$^5/_2$-$^3/_4$-D-4

双气控：J-$^5/_2$-$^3/_4$-D-4

三位阀，中封式：VL-$^5/_3$G-$^3/_4$-D-4

中泄式：VL-$^5/_3$E-$^3/_4$-D-4

9. HE-2、HE-3 系列二位二通、二位三通手控截止阀

1）技术规格(见表 23.5-155)。

2）外形尺寸(见表 23.5-156 ~ 表 23.5-158)。

表 23.5-155　HE-2、HE-3 系列二位二通、二位三通手控截止阀技术规格

型　　号		HE-2-$^1/_8$-QS-6 HE-3-$^1/_8$-QS-6 HE-3-$^1/_8$-$^1/_8$	HE-2-$^1/_4$-QS-8 HE-3-$^1/_4$-QS-8 HE-3-$^1/_4$-$^1/_4$	HE-2-$^3/_8$-QS-10 HE-3-$^3/_8$-QS-10 HE-3-$^3/_8$-$^3/_8$	HE-2-$^1/_2$-QS-12 HE-3-$^1/_2$-QS-12
公称通径/mm		5	5	7	7
连接尺寸	螺纹	R$^1/_8$	R$^1/_4$	R$^3/_8$	R$^1/_2$
	气管外径/mm	6	8	10	12
结构特点		旋转滑阀			
工作介质		经过滤的压缩空气(润滑或未润滑)			
温度范围/℃		0 ~ 60			
工作压力范围/℃		−0.075 ~ 1.0			
标准流量 1→2/L · min^{-1}	HE-2	310	400	730	780
	HE-3	300	380	730	800
材料		阀体：合成树脂(聚丁烯对苯二甲酸脂)；连接螺纹：镀镍黄铜			

注：型号意义：

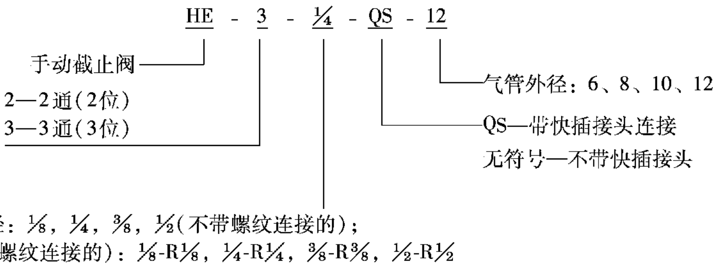
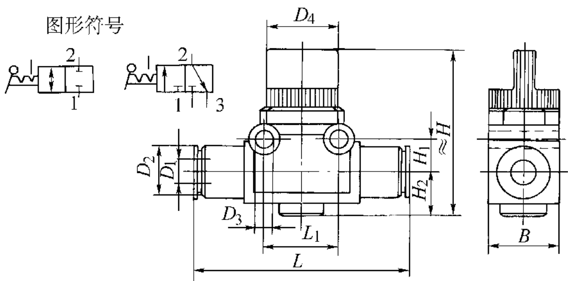


表 23.5-156 HE-2…QS、HE-3…QS 两端带快插接头的二位二通、二位三通手控截止阀外形尺寸

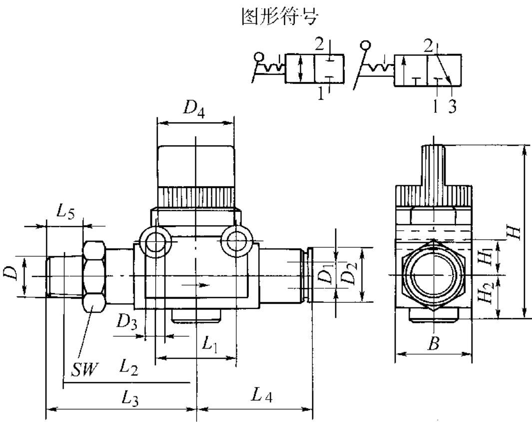
(mm)



型　　号	B	D_1 φ	D_2 φ	D_3 φ	D_4 φ	H	H_1	H_2	L	L_1
HE…QS-6	17	6	12.5	4.2	16.5	40.5	8	10.5	52	18
HE…QS-8	17	8	15	4.2	16.5	40.5	8	10.5	56	18
HE…QS-10	21	10	17.5	4.2	19.5	41	11	10.5	65	24
HE…QS-12	21	12	21	4.2	19.5	41	11	10.5	71	24

表 23.5-157 HE-2…QS、HE-3…QS 带快插接头与螺纹连接的二位二通、二位三通手控截止阀外形尺寸

(mm)



型　　号	B	D	D_1 φ	D_2 φ	D_3 φ	D_4 φ	H	H_1	H_2	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	SW
HE-2-$^1/_8$-QS-6	17	R$^1/_8$	6	12.5	4.2	16.5	40.5	8	10.5	18	29.5	33.5	26	8	14
HE-2-$^1/_4$-QS-8	17	R$^1/_4$	8	15	4.2	16.5	40.5	8	10.5	18	30.5	36.5	28	11	14
HE-2-$^3/_8$-QS-10	21	R$^3/_8$	10	17.5	4.2	19.5	41	11	10.5	24	37	43.5	32.5	12	17
HE-2-$^1/_2$-QS-12	21	R$^1/_2$	12	21	4.2	19.5	41	11	10.5	24	38.5	46.5	35.5	15	21

表 23.5-158　HE-2、HE-3 螺纹连接二位二通、二位三通手控截止阀外形尺寸　（mm）

图形符号

型　号	B	D	D_3 ϕ	D_4 ϕ	H	H_1	H_2	L	L_1	L_2	L_5	SW
HE-3-$^1/_8$-$^1/_8$	17	R$^1/_8$	4.2	16.5	40.5	8	10.5	67	18	29.5	8	14
HE-3-$^1/_4$-$^1/_4$	21	R$^1/_4$	4.2	19.5	41	11	10.5	85	24	36.5	11	17
HE-3-$^3/_8$-$^3/_8$	21	R$^3/_8$	4.2	19.5	41	11	10.5	87	24	37	12	17

10. SV 系列面板安装二位三通、五通手控阀(可用于真空)

1）工作原理。该系列手动阀由二位三通或二位五通基本阀(见图 23.5-57)及在其上部控制它的不同型式驱动开关(见图 23.5-59)共同组成。

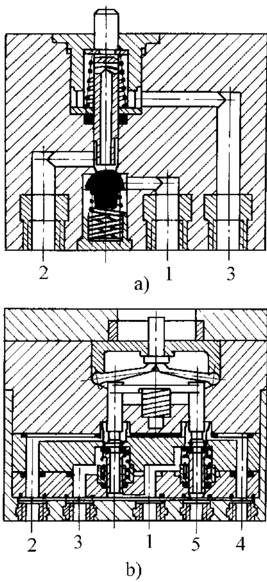


图 23.5-57　SV 系列手控阀的基本阀工作原理
a）二位三通 SV-3-M5 基本阀
b）二位五通 SV-5-M5-B 基本阀

2）图形符号及型号(见表 23.5-159)。

表 23.5-159　SV 系列面板安装二位三通、五通手控阀图形符号及型号

基本阀图型符号	型　号
二位三通阀	SV-3-M5

（续）

基本阀图型符号	型　号
二位五通阀	SV-5-M5-B

驱动开关图形符号		安装孔 ϕ22.5mm	安装孔 ϕ30.5mm	驱动力/驱动力矩（0.6MPa 时）
按钮开关	黑色	T-22-S	T-30-S	14N
	黄色	T-22-G	T-30-G	
	红色	T-22-R	T-30-R	
蘑菇头按钮开关	黑色	P-22-S	P-30-S	14N
蘑菇头按钮开关，带锁定装置	红色	PR-22-R	PR-30-R	25N
	红色可锁定	PRS-22-R	PRS-30-R	23N
选择开关	黑色	N-22-S	N-30-S	40Ncm
拨动开关	黑色	H-22-S	H-30-S	14Ncm

（续）

驱动开关图形符号	安装孔 ϕ22.5mm	安装孔 ϕ30.5mm	驱动力/驱动力矩（0.6MPa 时）
钥匙开关	Q-22	Q-30	23N

3）技术规格（见表 23.5-160）。

表 23.5-160　SV 系列面板安装二位三通、五通手控阀技术规格

型　　号	SV-3-M5	SV-5-M5-B
公称通径/mm	2	2.3
接管螺纹	M5	
工作介质	经过滤的压缩空气或真空（润滑或未润滑）	
温度范围/℃	-10 ~ 60	
压力范围/MPa	-0.095 ~ 0.8	0 ~ 0.8
结构特点	提动阀（截止式），单向直动式，弹簧复位	
安装方式	面板安装（安装孔径 22.5 和 30.5mm）或两个通孔安装	
标准额定流量 /L · min^{-1} （1→2，1→4）	65	90
驱动力（0.6MPa 时）/N	12	17
材料	阀体：工程塑料；阀芯：黄铜；密封件：丁腈橡胶	

4）外形尺寸（见图 23.5-58、图 23.5-59）

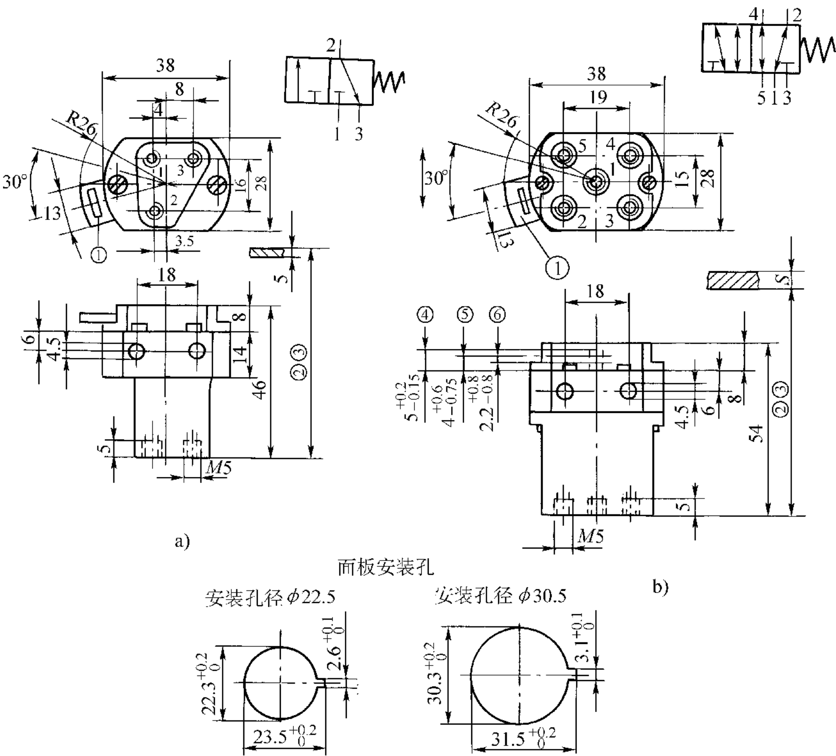


图 23.5-58　SV 系列手控阀基本阀的外形尺寸

a）SV-3-M5　b）SV-5-M5-B

①—驱动开关的快速连接板手　②—安装孔径为 22.5 时的安装尺寸：75　③—安装孔径为 30.5 时的安装尺寸：81　④—未开启位置　⑤—启动开度　⑥—最大开度　S—板厚　1—进气口　4，2—工作口　5，3—排气口（或真空口）

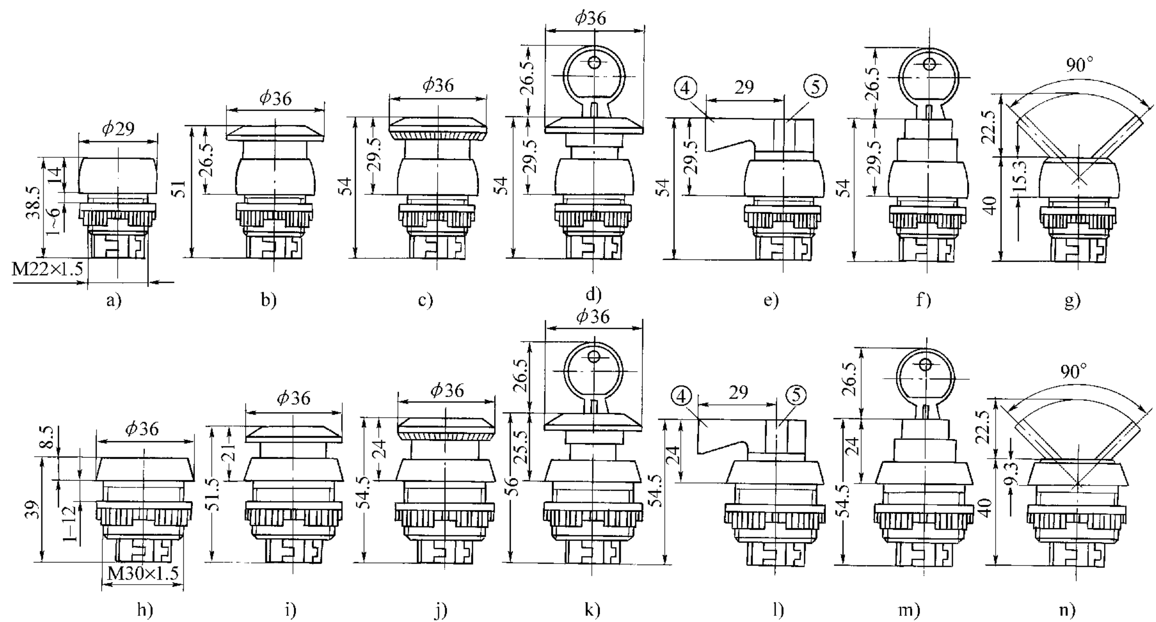


图 23.5-59　SV 系列手控阀用于控制基本阀的驱动开关

a) T-22　b) P-22　c) PR-22　d) PRS-22　e) N-22　f) Q-22　g) H-22
h) T-30　i) P-30　j) PR-30　k) PRS-30　l) N-30　m) Q-30　n) H-30

型号 PR：转动蘑菇头按钮可解除开关锁定。
型号 PRS：按下开关后，开关被锁住，只能用钥匙打开，在两个开关位置都能拔出钥匙。
型号 N：④位关，⑤位开
型号 Q：锁定开关只能用钥匙操作，在两个开关位置都可以拔出钥匙。

11. HS、HSO-$^4/_3$ 系列三位四通(三位三通)手动转阀(可用于真空)

1) 技术规格(见表 23.5-161)。

2) 外形尺寸 (见图 23.5-60)。

表 23.5-161　HS、HSO-$^4/_3$ 系列三位四通(三位三通)手动转阀技术规格

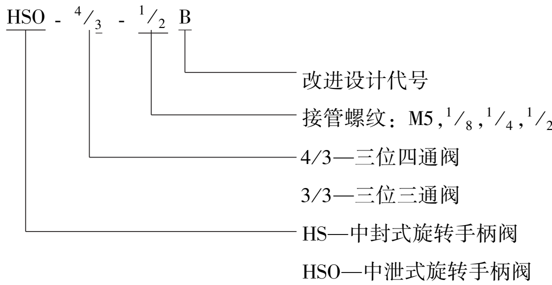
	HS/HSO-$^4/_3$-M5	HS/HSO-$^4/_3$-$^1/_8$-B	HS/HSO-$^4/_3$-$^1/_4$	HS/HSO-$^4/_3$-$^1/_2$-B
工作介质	过滤压缩空气或真空，润滑或未润滑①			
结构特点	滑阀，不能自动回复中位			
安装方式	面板式安装	通孔和螺纹孔安装②		
接管螺纹	M5	G$^1/_8$	G$^1/_4$	G$^1/_2$
公称通径/mm	3.6	6	8	12
标准额定流量(1→2→1→4)/L·min^{-1}	130	700	1200	3500
压力范围/MPa	-0.095~1.0			
驱动力(0.6MPa 时)/N			12	26
驱动力矩(0.6MPa 时)/N·m	0.3	1		
温度范围/℃				

① M5：真空，在 1、3 口；G$^1/_8$：真空，在 3 口；G$^1/_4$：真空在 1、3 口；G$^1/_2$：真空，在 3 口。

② HS，HSO-$^4/_3$-$^1/_8$-B 可进行版面式安装或通孔安装。

注：1. 中封式阀(HS 型)堵死阀的 2 口可作为三位三通阀用。

2. 型号意义：



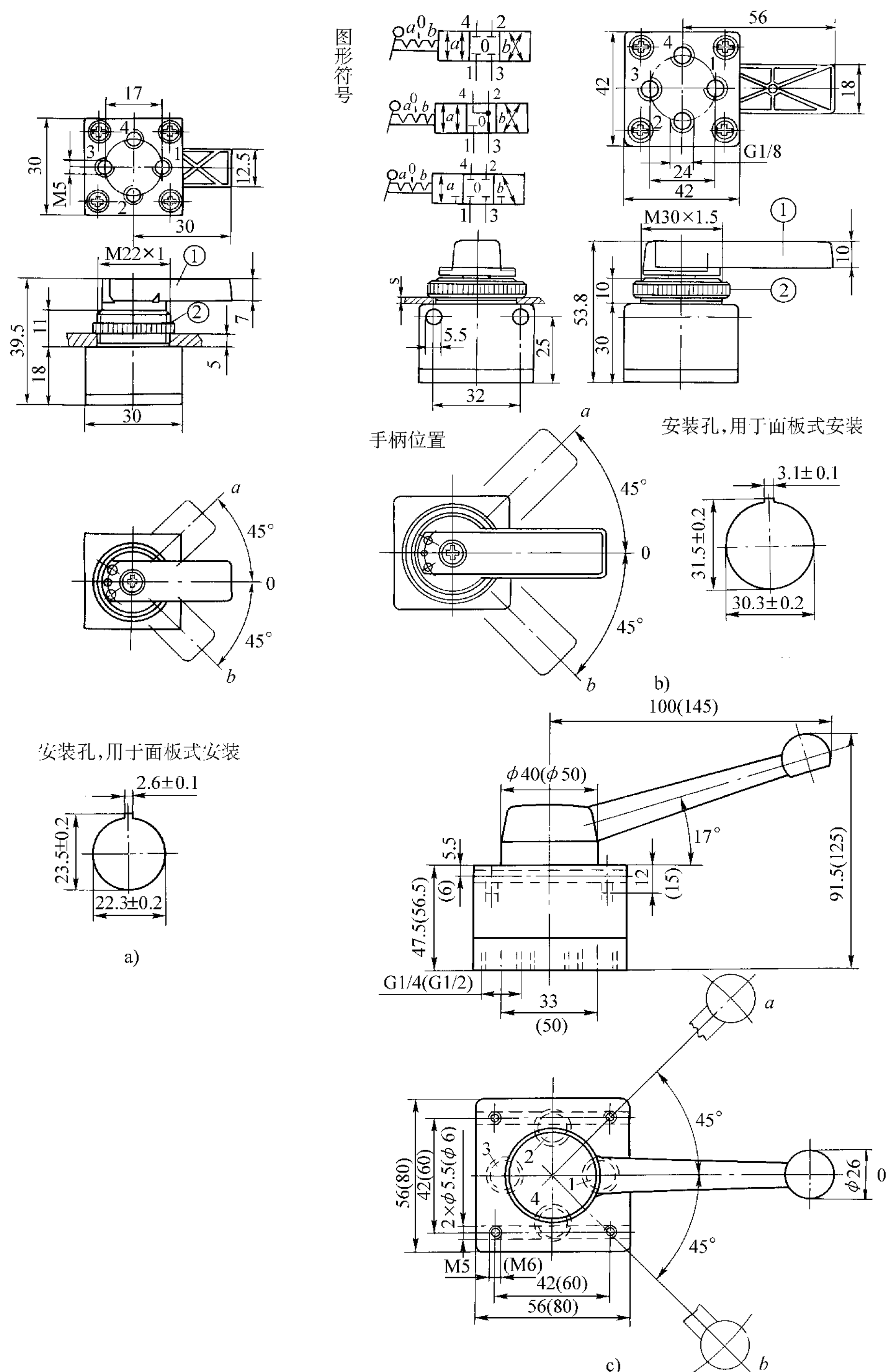


图 23.5-60 HS、HSO 系列三位四通(三位三通)手动转阀外形尺寸

a) HS-$^4/_3$-M5 HSO-$^4/_3$-M5 b) HS-$^4/_3$-$^1/_8$-B HSO-$^4/_3$-$^1/_8$-B

c) HS-$^4/_3$-$^1/_4$ HSO-$^4/_3$-$^1/_4$ H-$^4/_3$-$^1/_2$-B HSO-$^4/_3$-$^1/_2$-B

①—手柄，可旋转180°安装 ②—紧固螺母 1—进气口 4、2—工作口或输出口 3—排气口

注：1. 图中括号中的尺寸为接管螺纹 G$^1/_2$ 阀的尺寸。

2. 接管螺纹 G$^1/_4$ 阀的手柄与图中形状略有区别。

12. F-3-$^1/_4$、F-5-$^1/_4$ 二位三通、五通脚踏阀(可用于真空)

1) 技术规格(见表 23.5-162)。

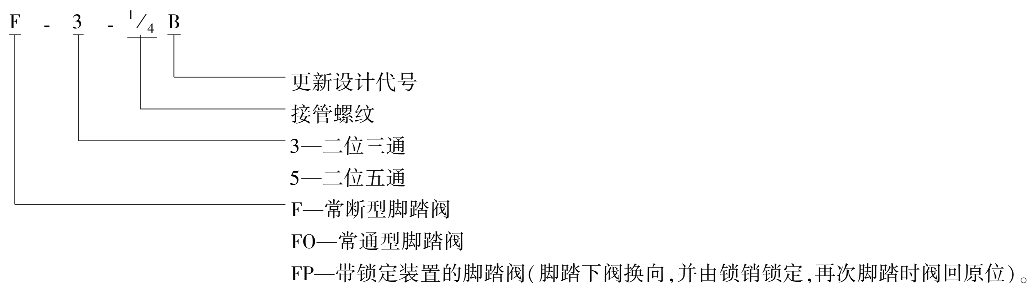
2) 外形尺寸(见图 23.5-61)。

表 23.5-162　F-3-$^1/_4$、F-5-$^1/_4$ 二位三通、五通脚踏阀技术规格

型　　号	阀	F-3-$^1/_4$-B	FO-3-$^1/_4$-B	FP-3-$^1/_4$-B	F-5-$^1/_4$-B	FP-5-$^1/_4$-B
	保护罩	4500FH		2071FPH-121	4500FH	2071FPH-121
公称通径/mm		7				
接管螺纹		G$^1/_4$				
工作介质		经过滤的压缩空气（润滑或未润滑）、真空①				
温度范围/℃		-10~60				
工作压力范围/MPa		-0.095~1.0				
结构特点		提动阀（截止阀）结构、直动式				
标准额定流量(1→4)/L·min^{-1}		600			550	
驱动力/N(0.6MPa 时)		26	37	45	52	90

① 真空接 1 口。

注：型号意义：



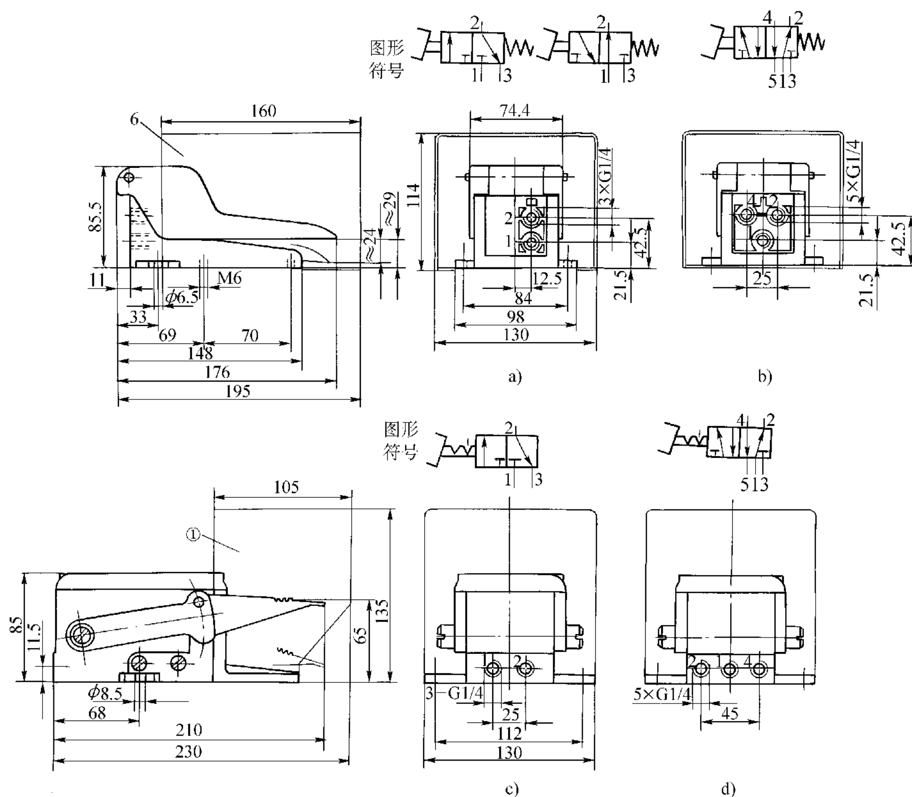


图 23.5-61　F-3-$^1/_4$、F-5-$^1/_4$ 二位三通、二位五通脚踏阀外形尺寸

a）F-3-$^1/_4$-B　FO-3-$^1/_4$-B　b）F-5-$^1/_4$-B　c）FP-3-$^1/_4$-B　d）FP-5-$^1/_4$-B

1—进气口　4、2—工作口或输出口　5、3—排气口　6—安全罩

13. V-3、R-3、L-3、V-5、R-5、L-5 系列二位三通机控阀(可用于真空)

1）技术规格(见表 23.5-163)。

2）外形尺寸(见图 23.5-62)。

表 23.5-163　V-3、R-3、L-3、V-5、R-5、L-5 二位三通、五通机控阀技术规格

型　号		二位三通阀			二位三通、二位五通阀		
	常断型	V-3-M5	R-3-M5	L-3-M5	V-3-$^{1}/_{4}$-B	R-3-$^{1}/_{4}$-B	L-3-$^{1}/_{4}$-B
	常通型	VO-3-M5	RO-3-M5	LO-3-M5	VO-3-$^{1}/_{4}$-B	RO-3-$^{1}/_{4}$-B	LO-3-$^{1}/_{4}$-B
	常断型	V-3-$^{1}/_{8}$	R-3-$^{1}/_{8}$	L-3-$^{1}/_{8}$			
	常通型	VO-3-$^{1}/_{8}$	RO-3-$^{1}/_{8}$	LO-3-$^{1}/_{8}$	V-5-$^{1}/_{4}$-B	R-5-$^{1}/_{4}$-B	L-5-$^{1}/_{4}$-B
公称通径/mm③		2(2.5)			7		
接管螺纹		M5, G$^{1}/_{8}$			G$^{1}/_{4}$		
工作介质		经过滤的压缩空气(润滑或未润滑)、真空①					
温度范围/℃		−10～60					
工作压力范围/MPa②		−0.095～0.8 (−0.095～1.0)					
结构特点		提动阀(截止阀)结构，单向直动式，弹簧复位					
驱动力/N(0.6MPa 时)		23(28)	12.5(10)	12.5(12)③	130(37)，[93]	35(10)，[26]	53(15)，[38]④
标准额定流量①(1→2)/L·min^{-1}		80(140)③			550(600)⑤		

① 真空接 1 或 11 口。

② 括号中的值为接管螺纹 G$^{1}/_{4}$ 阀的值。

③ 括号中的值为接管螺纹 G$^{1}/_{8}$ 阀的值。

④ ( )、[ ]中的值分别为 V-3-$^{1}/_{4}$-B、R-3-$^{1}/_{4}$-B、L-3-$^{1}/_{4}$-B 和 VO-3-$^{1}/_{4}$-B、RO-3-$^{1}/_{4}$-B、LO-3-$^{1}/_{4}$-B 阀的值。

⑤ ( )中的值为二位三通接管螺纹 G$^{1}/_{4}$ 阀的值。

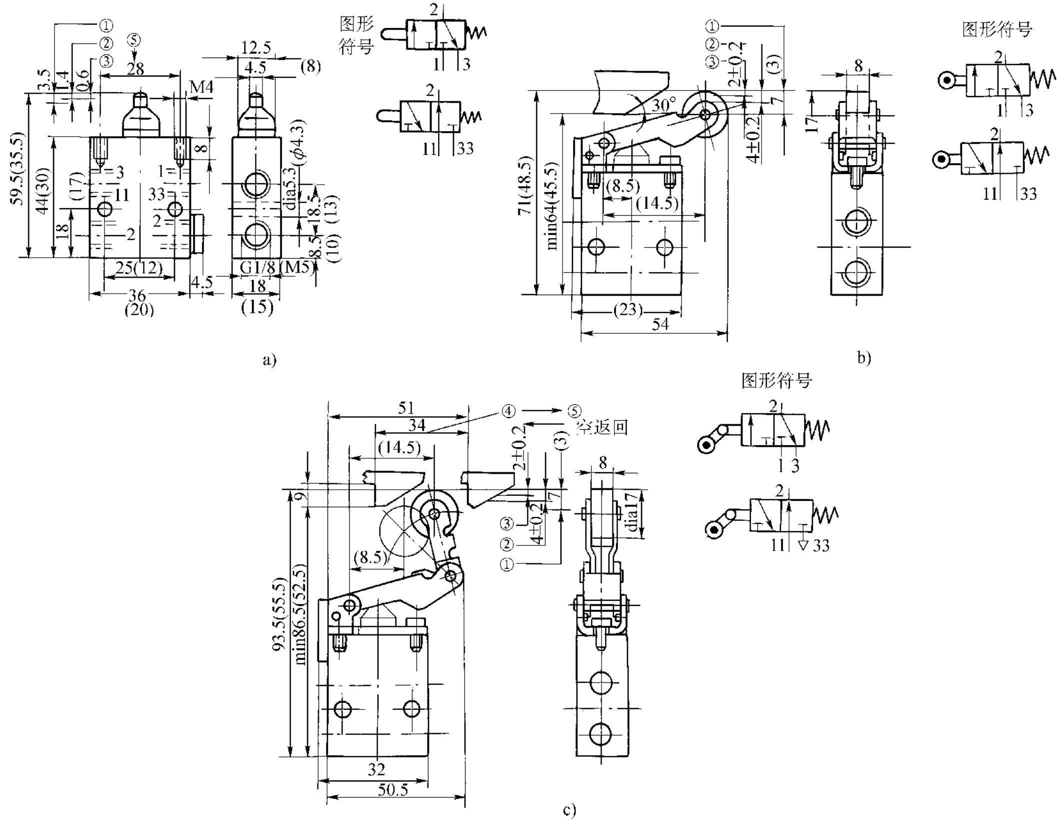


图 23.5-62　V-3、R-3、L-3、V-5、R-5、L-5 系列二位三通机控阀(M5, G$^{1}/_{8}$)外形尺寸

a）直动圆头式阀 V-3-M5　VO-3-M5　V-3-$^{1}/_{8}$　VO-3-$^{1}/_{8}$　b）滚轮杠杆式阀 R-3-M5　RO-3-M5　R-3-$^{1}/_{8}$　RO-3-$^{1}/_{8}$

c）单向滚轮杠杆式阀 L-3-M5　LO-3-M5　L-3-$^{1}/_{8}$　LO-3-$^{1}/_{8}$

①—最大行程　②—最大开度　③—起始开度　④—最小移动距离　⑤—驱动方向

1、11—进气口　2—工作口　3、33—排气口

注：图中括号中的尺寸为接管螺纹 M5 阀的尺寸

14. V-3、R-3、L-3、V-5、R-5、L-5 系列二位三通、五通机控阀(可用于真空)

1）技术规格(见表 23. 5-163)。

2）外形尺寸(见图 23. 5-63)。

图 23. 5-63　V-3、R-3、L-3、V-5、R-5、L-5 系列二位三通、五通机控阀($G^1/_4$)外形尺寸

a）二位三通直动圆头式阀 V-3-$^1/_4$-B　VO-3-$^1/_4$-B　b）二位五通直动圆头式阀 V-5-$^1/_4$-B

c）二位三通滚轮杠杆式阀 R-3-$^1/_4$-B　RO-3-$^1/_4$-B　d）二位五通滚轮杠杆式阀 R-5-$^1/_4$-B

e）二位三通单向滚轮杠杆式阀 L-3-$^1/_4$-B　LO-3-$^1/_4$-B　f）二位五通单向滚轮杠杆式阀 L-5-$^1/_4$-B

①—配 M5 六角螺钉　②—配 M4 六角螺钉　③—启动开度　④—最大开度　⑤—最大行程

⑥—凸轮工作行程　⑦—驱动方向

1—进气口　4、2—工作口或输出口　5、3—排气口

15. QH 系列多种流体二位二通手控球阀(可用于真空)

1）技术规格(见表 23.5-164)。

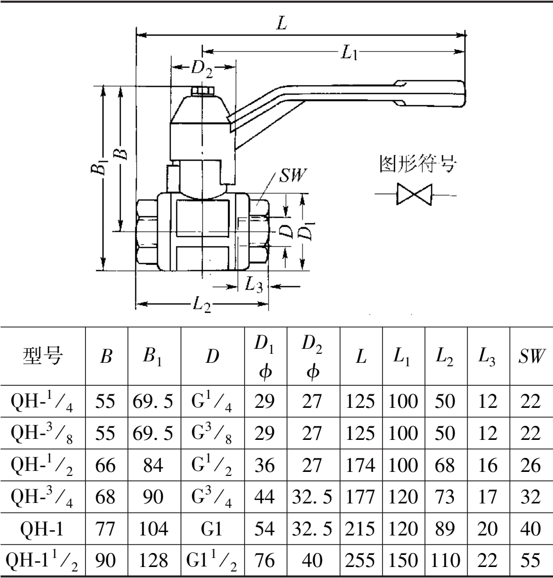
2）外形尺寸(见表 23.5-165)。

表 23.5-164　QH 系列多种流体二位二通手控球阀技术规格

	QH-$^1/_4$	QH-$^3/_8$	QH-$^1/_2$	QH-$^3/_4$	QH-1	QH-1$^1/_2$
公称通径/mm	10	10	15	20	25	40
接管螺纹	G$^1/_4$	G$^3/_8$	G$^1/_2$	G$^3/_4$	G1	G1$^1/_2$
结构特点	手柄操作的球阀，手柄旋转可完全切断或接通两个方向流体的流动					
工作介质①	过滤压缩空气(润滑或未润滑)和水					
温度范围/°C	-30 ~ 200					
工作压力范围/MPa	-0.095 ~ 3.0					
标准额定流量/L·min^{-1}	9300		14600	27000	41000	104000
驱动力矩/N·m	2		5	8	10	15
材　　料	阀体：镀镍黄铜；球：镀烙淬火钢；手柄：铝合金；密封件：聚四氟乙烯					

① 不适用于煤气、天然气等有毒有腐蚀性的气体。

表 23.5-165　QH 系列多种流体二位二通手控球阀外形尺寸　　(mm)



型号	B	B_1	D	D_1 ϕ	D_2 ϕ	L	L_1	L_2	L_3	SW
QH-$^1/_4$	55	69.5	G$^1/_4$	29	27	125	100	50	12	22
QH-$^3/_8$	55	69.5	G$^3/_8$	29	27	125	100	50	12	22
QH-$^1/_2$	66	84	G$^1/_2$	36	27	174	100	68	16	26
QH-$^3/_4$	68	90	G$^3/_4$	44	32.5	177	120	73	17	32
QH-1	77	104	G1	54	32.5	215	120	89	20	40
QH-1$^1/_2$	90	128	G1$^1/_2$	76	40	255	150	110	22	55

2.1.3　FESTO 流量控制阀

1. GRO 系列可调节流阀

1）技术规格(见表 23.5-166)。

表 23.5-166　GRO 系列可调节流阀技术规格

规　　格	GRO-M5	GRO-$^1/_8$	GRO-$^1/_4$
工作介质	过滤压缩空气(润滑或未润滑)		
结构特点	节流阀		
安装方式	阀体上两个通孔或面板式安装		直列式安装
接管螺纹	M5	G$^1/_8$	G$^1/_4$
公称通径/mm	2	2	4.5
标准额定流量/L·min^{-1}	0 ~ 45	0 ~ 100	0 ~ 350
工作压力范围/MPa	0 ~ 1.0		
温度范围/℃	-10 ~ 60		

2）外形尺寸(见图 23.5-64)。

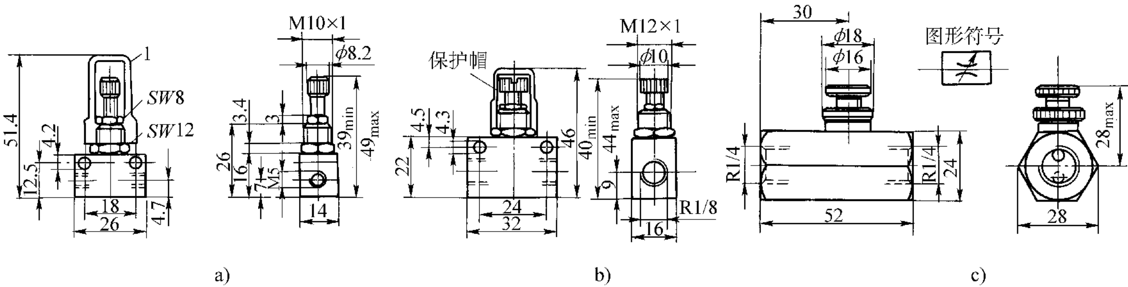


图 23.5-64　GRO 系列可调节流阀外形尺寸
a）GRO-M5　b）GRO-$^1/_8$　c）GRO-$^1/_4$

2. GR-B 系列单向节流阀

1）技术规格(见表 23.5-167)。

2）外形尺寸(见图 23.5-65)。

表 23.5-167　GR-B 系列单向节流阀技术规格

规　　格		GR-M5-B	GR-$^{1}/_{8}$-B	GR-$^{1}/_{4}$	GRA-$^{1}/_{4}$-B	GR-$^{3}/_{8}$-B	GR-$^{1}/_{2}$	GR-$^{3}/_{4}$
工作介质		过滤压缩空气(润滑或未润滑)						
结构特点		单向节流阀						
安装方式		阀体上两个通孔(除 GR-1/4 型)或管式安装						
		面板式安装		—	面板式安装		—	
接管螺纹		M5	G$^{1}/_{8}$	G$^{1}/_{4}$	G$^{1}/_{4}$	G-$^{3}/_{8}$	G-$^{1}/_{2}$	G-$^{3}/_{4}$
公称通径/mm	节流阀	1.5	2	4.5	4.5	7	9	18
	单向阀	2	3	4.5	5.8	9	12	18
标准额定流量/L·min^{-1} (P→A)	节流阀	0～45	0～115	0～350	0～420	0～1000	0～1620	0～3300
	单向阀	45	170	150	780	1150	2750	4800
工作压力范围/MPa		0.05～1			0.01～1			0.03～1.5
温度范围/℃		−20～+75						

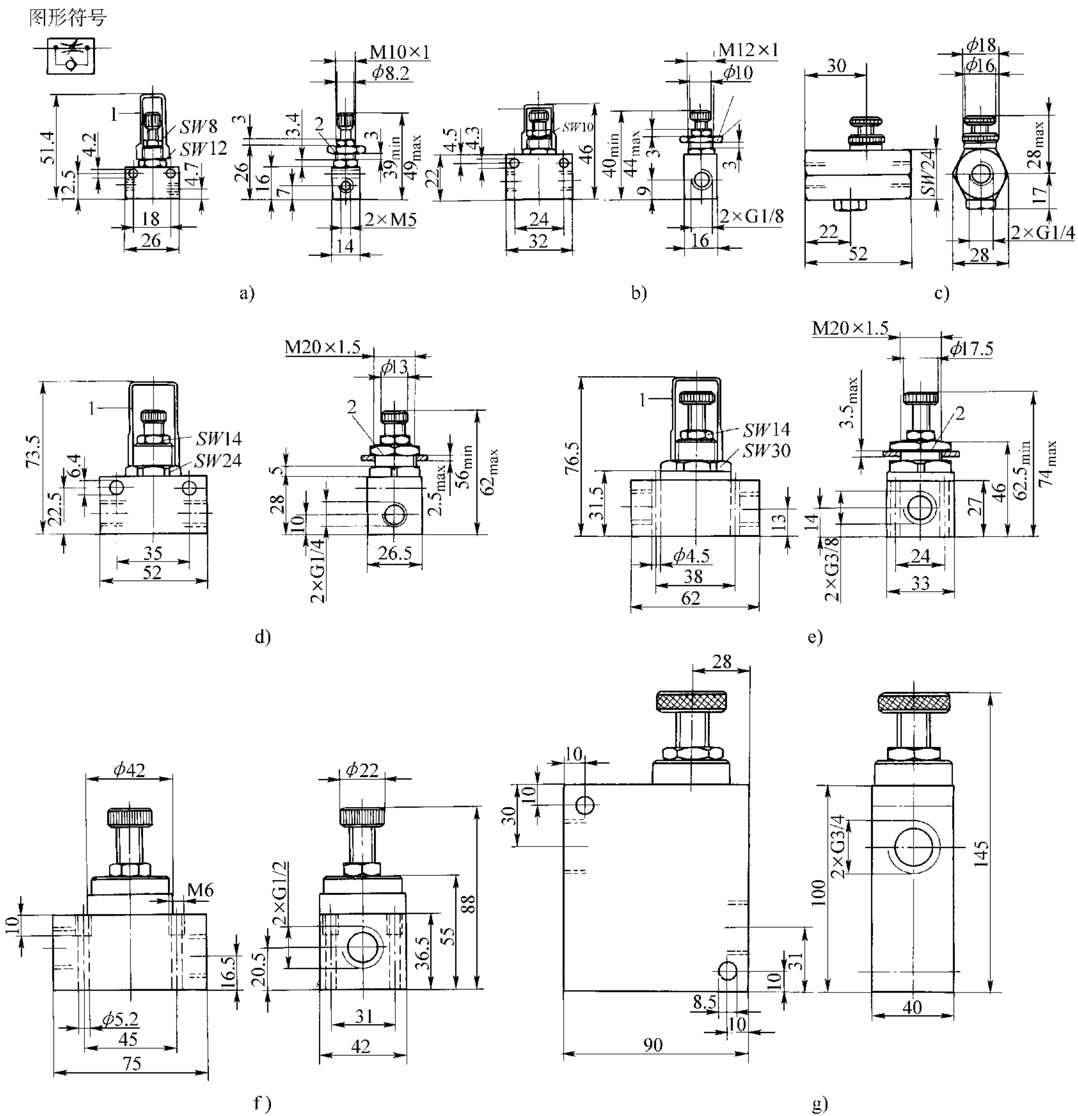


图 23.5-65　GR-B 系列单向节流阀外形尺寸

a) GR-M5-B　b) GR-$^{1}/_{8}$-B　c) GR-$^{1}/_{4}$　d) GRA-$^{1}/_{4}$-B　e) GR-$^{3}/_{8}$-B　f) GR-$^{1}/_{2}$　g) GR-$^{3}/_{4}$

1—保护帽　2—GRM 六角螺母

3. GRLA 系列带有转动接头式单向节流阀(排气节流)

1）技术规格(见表 23.5-168)。

2）外形尺寸(见表 23.5-169)。

表 23.5-168　GRLA 系列带有转动接头式单向节流阀(排气节流)技术规格

型号 / 规格		GRLA-M5-B	GRLA-$^{1}/_{8}$-B	GRLA-$^{1}/_{4}$-B	GRLA-$^{3}/_{8}$-B	GRLA-$^{1}/_{2}$-B	GRLA-$^{3}/_{4}$-B
		GRLA-M5-PK-3-B	GRLA-$^{1}/_{8}$-PK-3-B				
		GRLA-M5-PK-4-B	GRLA-$^{1}/_{8}$-PK-4-B	GRLA-$^{1}/_{4}$-PK-4-B			
			GRLA-$^{1}/_{8}$-PK-6-B	GRLA-$^{1}/_{4}$-PK-6-B			
工作介质		过滤压缩空气(润滑或未润滑)					
结构特点		单向节流阀					
安装方式		螺纹连接					
接管螺纹/气管管径		M5/NW3	G1/8/NW3，4，6	G1/4/NW4，6	G3/8	G1/2	G3/4
公称通径		2	4	6	8.5	10.6	14
标准额定流量 /L·min^{-1} (节流方向)	螺纹	0～100	0～380	0～720	0～1450	0～2330	0～4320
	PK-3	0～85	0～120				
	PK-4	0～100	0～250	0～250			
	PK-6		0～300	0～580			
自由流通方向 /L·min^{-1} (节流阀开启/关闭)	螺纹	100/65	410/230	780/340	1520/780	2400/1250	4720/3220
	PK-3	85/55	110/90				
	PK-4	100/60	240/160	230/170			
	PK-6		290/190	600/320			
许用紧固力矩/N·m		1.5	6	11	20	40	60
工作压力范围/MPa		0.02～+1	0.03～+1				
温度范围/℃		-10～+60					

表 23.5-169　GRLA 系列单向节流阀外形尺寸　(mm)

图形符号　GRLA-…-PK-…-B　　GRLA-…-B

1—节流方向　2—自由流通方向

3—可 360°转动　4—锁紧螺母

型号	B	D	H	H_1	L	L_1	L_2	SW
GRLA-M5-B	10	M5	17.5	12.5	17.6	4	7.1	9
GRLA-M5-PK-3-B	10	M5	19.7	14.7	17.6	4	8.5	9
GRLA-M5-PK-4-B	10	M5	21.7	16.7	17.6	4	8.5	9
GRLA-$^{1}/_{8}$-B	16	G$^{1}/_{8}$	28	20	25.2	5.8	10.3	14
GRLA-$^{1}/_{8}$-PK-3-B	16	G$^{1}/_{8}$	27.1	19.1	25.2	5.8	13.4	14
GRLA-$^{1}/_{8}$-PK-4-B	16	G$^{1}/_{8}$	30.2	22.2	25.2	5.8	13.4	14
GRLA-$^{1}/_{8}$-PK-6-B	16	G$^{1}/_{8}$	30.3	22.3	25.2	5.8	12	14
GRLA-$^{1}/_{4}$-B	20	G$^{1}/_{4}$	36	26	30.8	8.3	13.2	17
GRLA-$^{1}/_{4}$-PK-4-B	20	G$^{1}/_{4}$	34.2	24.2	30.8	8.3	16.9	17
GRLA-$^{1}/_{4}$-PK-6-B	20	G$^{1}/_{4}$	34.3	24.3	30.8	8.3	17.2	17
GRLA-$^{3}/_{8}$-B	25	G$^{3}/_{8}$	41	28.5	37.2	8.8	15.5	22
GRLA-$^{1}/_{2}$-B	32	G$^{1}/_{2}$	53	37	48.6	12.8	18.9	27
GRLA-$^{3}/_{4}$-B	41	G$^{3}/_{4}$	64	64	60.2	13.5	24.5	36

4. GRLZ 系列带有转动接头式单向节流阀(进气节流)

1) 技术规格(见表 23.5-170)。

2) 外形尺寸(见表 23.5-171)。

表 23.5-170　GRLZ 系列带有转动接头式单向节流阀技术规格

型号 \ 规格				
型号		GRLZ-M5-B	GRLZ-$^{1}/_{8}$-B	GRLZ-$^{1}/_{4}$-B
		GRLZ-M5-PK-3-B	GRLZ-$^{1}/_{8}$-PK-3-B	
		GRLZ-M5-PK-4-B	GRLZ-$^{1}/_{8}$-PK-4-B	GRLZ-$^{1}/_{4}$-PK-4-B
规格			GRLZ-$^{1}/_{8}$-PK-6-B	GRLZ-$^{1}/_{4}$-PK-6-B
工作介质		过滤压缩空气(润滑或未润滑)		
结构特点		单向节流阀		
安装方式		螺纹连接		
接管螺纹/气管管径		M5/NW3	G1/8/NW3，NW4，NW6	G1/4/NW4，NW6
标准额定流量/L·min^{-1}(节流方向)	mm	2	4	6
	螺纹	0～100	0～380	0～720
	PK-3	0～85	0～120	—
	PK-4	0～100	0～250	0～250
	PK-6	—	0～300	0～580
自由流通方向/L·min^{-1}(节流阀开启/关闭)	螺纹	110/70	380/160	720/310
	PK-3	90/60	100/100	
	PK-4	100/60	250/130	270/190
	PK-6	—	300/140	620/230
许用紧固力矩/N·m		1.5	6	11
工作压力范围/MPa		0.02～1	0.03～1	
温度范围/℃		-10～+60		

表 23.5-171　GRLZ 系列带有转动接头式单向节流阀外形尺寸　(mm)

GRLZ…-PK-…-B　GRLZ-…-B

图形符号

1—自由流动方向　2—节流方向

3—可 360°转动　4—锁紧螺母

型号	B	D	H	H_1	L	L_1	L_2	SW
GRLZ-M5-B	10	M5	17.5	12.5	17.6	4	7.1	9
GRLZ-M5-PK-3-B	10	M5	19.7	14.7	17.6	4	8.5	9
GRLZ-M5-PK-4-B	10	M5	21.7	16.7	17.6	4	8.5	9
GRLZ-$^{1}/_{8}$-B	16	G$^{1}/_{8}$	28	20	25.2	5.8	10.3	14
GRLZ-$^{1}/_{8}$-PK-3-B	16	G$^{1}/_{8}$	27.1	19.1	25.2	5.8	13.4	14
GRLZ-$^{1}/_{8}$-PK-4-B	16	G$^{1}/_{8}$	30.2	22.2	25.2	5.8	13.4	14
GRLZ-$^{1}/_{8}$-PK-6-B	16	G$^{1}/_{8}$	30.3	22.3	25.2	5.8	12	14
GRLZ-$^{1}/_{4}$-B	20	G$^{1}/_{4}$	36	26	30.8	8.3	13.2	17
GRLZ-$^{1}/_{4}$-PK-4-B	20	G$^{1}/_{4}$	34.2	24.2	30.8	8.3	16.9	17
GRLZ-$^{1}/_{4}$-PK-6-B	20	G$^{1}/_{4}$	34.3	24.3	30.8	8.3	17.2	17

5. GRU、GRE 系列排气消声节流阀

1）技术规格(见表 23. 5-172)。

2）外形尺寸(见表 23. 5-173)。

表 23. 5-172　GRU、GRE 系列排气消声节流阀技术规格

规　格		GRE-$^1/_8$	GRE-$^1/_4$	GRE-$^3/_8$	GRE-$^1/_2$	
		GRU-$^1/_8$	GRU-$^1/_4$	GRU-$^3/_8$	GRU-$^1/_2$	GRU-$^3/_4$
安装方式		螺纹连接				
接管螺纹		G1/8	G1/4	G3/8	G1/2	G3/4
公称通径	GRE	3. 5	5	7	10	—
	GRU	5. 3	7. 5	9	14	17
流量/L · min^{-1}	GRE	0 ~ 520	0 ~ 996	0 ~ 2000	0 ~ 3600	—
	GRU	0 ~ 1000	0 ~ 1500	0 ~ 1700	0 ~ 4000	0 ~ 8000
工作压力范围/MPa		0 ~ 1				
温度范围/°C		-10 ~ +70				
噪声等级/dB(A)	GRE	85	80	87	90	—
	GRU	74	80	74	76	80

表 23. 5-173　GRU、GRE 系列排气消声节流阀外形尺寸　　(mm)

型　号	D	D_1	L	L_1	SW
GRE-$^1/_8$	G$^1/_8$	15	28. 5	6. 5	14
GRE-$^1/_4$	G$^1/_4$	18. 2	34	8	17
GRE-$^3/_8$	G$^3/_8$	25	42	8	22
GRE-$^1/_2$	G$^1/_2$	27	48	12	24

型　号	D ϕ	D_1	L	L_1	SW
GRU-$^1/_8$-B	16	G$^1/_8$	47	7	14
GRU-$^1/_4$-B	19. 5	G$^1/_4$	66	10	17
GRU-$^3/_8$-B	25	G$^3/_8$	97	10	19
GRU-$^1/_2$-B	28	G$^1/_2$	130	14	24
GRU-$^3/_4$-B	38	G$^3/_4$	157	16	32

2. 2　日本 SMC 公司气动阀

2. 2. 1　SMC 压力控制阀

1. AR 系列带单向阀的减压阀(模块式)(见表 23. 5-174)

2. AR 系列大口径内部先导式减压阀(见表 23. 5-175)

3. ARP3000-02 型精密直动式减压阀(见表 23. 5-176)

表 23.5-174　AR 系列带单向阀的减压阀(模块式)

简　　图	特　　点	型　　号	接管螺纹	最大有效截面积 /mm^2	设定压力范围 /MPa	附件
	内设迅速排出压力的装置(内设单向阀、带逆流装置)、可装配到 FRL 模块式三联件中	AR1000	M5×0.8mm	2.8	0.05～0.7	托架压力表
		AR2060	Rc$^1/_8$、$^1/_4$	$^1/_8$：6 $^1/_4$：6.5	0.1～0.85	
		AR2560	Rc$^1/_4$、$^3/_8$	$^1/_4$：18 $^3/_8$：20		
		AR3060	Rc$^1/_4$、$^3/_8$	$^1/_4$：26 $^3/_8$：31		
		AR4060	Rc$^1/_4$、$^3/_8$、$^1/_2$	$^3/_8$：56 $^1/_2$：84		
		AR4060-06	Rc$^3/_4$	92		
		AR5060	Rc$^3/_4$、1	$^3/_4$：127 1：131		
		AR6060	Rc1	203		

注：最高使用压力 1.0MPa。

表 23.5-175　AR 系列大口径内部先导式减压阀

简　　图	设定压力①		接管螺纹 Rc(PT)	最大流量①/L·min^{-1} (标准状态)	附　　件
	0.05～0.85MPa	0.02～0.2MPa			
	AR425	AR435	$^1/_4$、$^3/_8$、$^1/_2$	8000	托架 压力表
	AR625	AR635	$^3/_4$、1	14000	
	AR825	AR835	1$^1/_4$、1$^1/_2$	18000	
	AR925	AR935	2	22000	

① 设定压力 0.7MPa，压力降 0.1MPa，最高使用压力 1.0MPa。出口压力的调整范围 $p_2 \leqslant p_1 \times 90\%$。

表 23.5-176　ARP3000-02 型精密直动式减压阀

简　　图	型　　号	ARP3000
	特点	高精度压力调整 可装配入 FRL 模块式三联件中
	设定压力/MPa	0.005～0.3
	灵敏度/MPa	0.001
	空气消耗量/L·min^{-1}(标准状态)	5
	配管口径 Rc(PT)/in	1/4

4. IR 系列新型精密减压阀(见表 23.5-177)

表 23.5-177　IR 系列新型精密减压阀

简　图	特　点	型　号		接管螺纹 Rc(PT)	设定压力范围/MPa	先导压力范围/MPa	最大流量①/L·min^{-1}(标准状态)	空气消耗量/L·min^{-1}(标准状态)	灵敏度
	由于具有高灵敏度，因此适用于有高灵敏度和高重复性要求的场合	基本型	IR10□0	$^{1}/_{8}$	0.005~0.2 0.005~0.4		400	<5	全量程的 0.2% 以内
			IR20□0	$^{1}/_{4}$	0.005~0.8		1200	<4	
			IR30□0	$^{1}/_{4}$、$^{3}/_{8}$、$^{1}/_{2}$	0.01~0.2 0.01~0.4 0.01~0.8		6000	<9.5	
		气控型	IR2120	1/4	0.005~0.8	0.005~0.8	1200	<4	
			IR3120	$^{1}/_{4}$、$^{3}/_{8}$、$^{1}/_{2}$	0.01~0.8	0.01~0.8	6000	<9.5	

① 入口压力 1.0MPa，设定压力 0.4MPa，压力降 0.1MPa。

5. ARJ 系列微型减压阀(见表 23.5-178)

表 23.5-178　ARJ 系列微型减压阀

简　图	特　点	型　号	配管口径/mm		设定压力/MPa	构造	配管材料
			IN 侧	OUT 侧			
ARJ1020F	微型、轻量带快换接头(OUT 侧)，配管工时可大大降低(ARJ1020F 型) 可作为带单向阀的减压阀使用	ARJ1020F	M5(外螺纹)	ϕ4 ϕ6	0.1~0.7	溢流型	尼龙 软尼龙 聚氨酯
		ARJ210	1/8(外螺纹) M5(内螺纹)	M5×0.8 (内螺纹 2 处)	0.2~0.7	溢流型	—

6. ARX20 系列高压减压阀(见表 23.5-179)

表 23.5-179　ARX20 系列高压减压阀

简　图	特　点	型　号	接管螺纹 Rc(PT)	压力调节范围/MPa	最高使用压力/MPa	结构	附件
	体积小、供气压力高、输出压力范围宽 可用于小型压缩机压力的调节、吹气等场合	ARX20-01	1/8	0.05~0.85	2.0	溢流型	托架、压力表
		ARX20-02	1/4				
		ARX21-01	1/8	0.05~0.3		溢流型	
		ARX21-02	1/4				

7. VEX1 系列大流量精密减压阀(见表 23.5-180)

表 23.5-180　VEX1 系列大流量精密减压阀

简图	型　号		操作方式	接管螺纹		有效截面积/mm^2(C_v 值)	设定压力范围/MPa	结构原理	灵敏度
				P、A 口	R 口				
	底板配管型	VEX1B33	手动操作式(压入锁定式)	M5×0.8mm		5(0.28)	0.01~0.7	大流量溢流阀与减压阀的组合	0.2% F.S(全量程)以内
	直接配管型	VEX1A33		Rc(PT)$^{1}/_{8}$		10/7.4(0.56/0.41)			
		VEX113□	手动操作式(压力锁定式)和气控式	Rc(PT)$^{1}/_{8}$、$^{1}/_{4}$		25(1.4)	0.05~0.7		
		VEX133□		Rc(PT)$^{1}/_{4}$、$^{3}/_{8}$、$^{1}/_{2}$		70(3.9)			
		VEX153□		Rc(PT)$^{1}/_{2}$、$^{3}/_{4}$、1		180(10)			
		VEX173□		Rc(PT)1、1$^{1}/_{4}$	Rc(PT)1$^{1}/_{4}$	330(18)			
		VEX193□		Rc(PT)1$^{1}/_{2}$、2	2	670(37)			
	底板配管型	VEX123□		Rc(PT)$^{1}/_{8}$、$^{1}/_{4}$		25(1.4)			

2.2.2　SMC 方向控制阀

1. AK 系列单向阀(见表 23.5-181)

2. AKH、AKB 系列带快换接头的单向阀(见表 23.5-182)

3. AQ 系列快速排气阀(见表 23.5-183)

表 23.5-181　AK 系列单向阀

简　图	特　点	型　号	接管螺纹 Rc(PT)	有效截面积 /mm^2	使用压力 /MPa
AK6000 AK2000	大流量阀开启压力低，为0.02MPa	AK2000-01	1/8	25	0.02～1.0
		AK2000-02	1/4	27.5	
		AK4000-02	1/4	47	
		AK4000-03	3/8	85	
		AK4000-04	1/2	95	
		AK6000-06	3/4	200	
		AK6000-10	1	230	

表 23.5-182　AKH、AKB 系列带快换接头的单向阀

简　图	型式	型　号	配管口径		有效截面积/mm^2	自由流动方向	开启压力/MPa
			一端	另一端			
	直管式	AKH04	ϕ4mm	ϕ4mm	2.8		0.005
		AKH06	ϕ6mm	ϕ6mm	6.5		
		AKH08	ϕ8mm	ϕ8mm	17.0		
		AKH10	ϕ10mm	ϕ10mm	25.0		
		AKH12	ϕ12mm	ϕ12mm	34.0		
	外螺纹连接式	AKH04□	ϕ4mm	M5mm、R(PT)$^1/_8$	2.8	A：外螺纹→快换接头 B：快换接头→外螺纹	
		AKH06□	ϕ6mm	M5mm、R(PT)$^1/_8$、$^1/_4$	2.8～6.5		
		AKH08□	ϕ8mm	R(PT)$^1/_8$、$^1/_4$、$^3/_8$	6.5～17		
		AKH10□	ϕ10mm	R(PT)$^1/_4$、$^3/_8$、$^1/_2$	25		
		AKH12□	ϕ12mm	R(PT)$^3/_8$、$^1/_2$	34		
	内外螺纹连接式	AKB01□	R(PT)$^1/_8$	R(PT)$^1/_8$	6.5	A：外螺纹→内螺纹 B：内螺纹→外螺纹	
		AKB02□	R(PT)$^1/_4$	R(PT)$^1/_4$	17.0		
		AKB03□	R(PT)$^3/_8$	R(PT)$^3/_8$	25.0		
		AKB04□	R(PT)$^1/_2$	R(PT)$^1/_2$	34.0		

表 23.5-183　AQ 系列快速排气阀

简　图	结构型式	型　号	接管口径	有效截面积/mm^2		使用压力 /MPa
				进→出	出→排气	
AQ3000 AQ1510 AQ1500	唇式	AQ1500-M5	M5×0.8mm	2	2.8	0.1～0.7
		AQ1510-01	Rc$^1/_8$	4	5.8	
	膜片式	AQ2000-01	Rc$^1/_8$	25	25	0.05～1.0
		AQ2000-02	Rc$^1/_4$	35	40	
		AQ3000-02	Rc$^1/_4$	40	42	
		AQ3000-03	Rc$^3/_8$	60	70	
		AQ5000-04	Rc$^1/_2$	105	115	
		AQ5000-06	Rc$^3/_4$	135	180	
	带快换接头直通式	AQ240F	ϕ4mm	1.7	2.5	0.1～1.0
			ϕ6mm	2.4	2.7	
		AQ340F	ϕ6mm	4	4	

4. VT、VP系列二位三通电磁换向阀(可用于真空,见表23.5-184)

5. 50-VPE系列二位三通防爆电磁阀(见表23.5-185)

表23.5-184 VT、VP系列二位三通电磁换向阀(弹性密封)

型号	配管型式	动作方式	接管螺纹 Rc(P_T)	有效截面积 /mm² (C_v值)	使用压力 /MPa	视在功率 /VA (50Hz)	气控阀
VT301	直接配管	直动式座阀	1/8、1/4	3.2(0.18)	0~1.0	7.5	有
VT315			1/4	7.2(0.4)		20	
VT325			1/4、3/8	27(1.5)		27	
VT307			1/8、1/4	P→A3.9(0.21)	0~0.9	7.6	
VT317			1/4	12.6(0.7)		11	
VP342	直接配管	先导式	1/8、1/4	16.2(0.9)	0.2~0.8	3.4	有
VP344	底板配管			18(1.0)			
VP542	直接配管		1/4、3/8	36(2.0)			
VP544	底板配管			41.4(2.3)			
VP742	直接配管		3/8、1/2	62(3.4)			
VP744	底板配管			72(4)			
VP3145	直接配管	先导式	3/8、1/2、3/4	110(6.1)	0.2~0.8	28	
VP3165			3/4、1、1 1/4	310(17.2)			
VP3185			1 1/4、1 1/2、2	650(36.1)			

注:1. 真空用(0.1~100kPa):VT301V、VT325V、VT307V、VT317V、VP3□□R、VP5□□R、VP7□□R、VP31□□5V。
2. 标准线圈额定电压:AC:100V、200V(50/60Hz),DC:24V。
3. 出线方式:G—直接出线式、GS—直接出线式带过压保护器、D—DIN插座式、DZ—插式带过压保护器;VT301、315、317(G、GS、D、DZ),VT325(G、GS、D),V307(G、D、DZ)、VP34□、54□、74□(G、D、DZ),VP31□5(G、D、DZ)。

表23.5-185 50-VPE系列二位三通防爆电磁阀(直接配管型)

简图	特点	型号	接管螺纹 Rc(PT)	有效截面积/mm²(C_v值) Rc(PT) 1/4	Rc(PT) 3/8	Rc(PT) 1/2	使用压力范围 内部先导式	外部先导式	机能
	流通能力大 功率消耗小 符合IEC国际标准 可在真空压力下使用	50-VPE542-□□-02 03	1/4 3/8	36(2)	41.4(2.3)	—	0.2~0.8MPa	−101.2kPa~0.8MPa	常开 常闭
		50-VPE742-□□-02 03	3/8 1/2	—	62(3.4)	72(4)			

6. SY3000、SY5000、SY7000、SY9000 系列二位、三位五通电磁换向阀

1）技术规格（见表 23.5-186）。

2）外形尺寸（见图 23.5-66～图 23.5-69）

表 23.5-186　SY3000、5000、7000、9000 系列二位、三位五通电磁换向阀技术规格

型　号	接管螺纹（配气管外径）	位数	机　能	使用压力范围/MPa	有效截面积/mm²（C_v 值）	最高换向频率/Hz	功率消耗		特　点
							直流	交流	
SY3120-□△D-M5	M5×0.8（ϕ4，ϕ6）	2	单电控	0.15～0.7	3.6（0.2）	10	0.5W/0.55W（带指示灯）	110V：1.1VA 220V：2.0VA	阀身厚度小，流量大、耗电量小、防灰尘
SY3220-□△D-M5		2	双电控	0.1～0.7					
SY3320-□△D-M5		3	中位封闭式	0.2～0.7		3			
SY3420-□△D-M5		3	中位排气式						
SY3520-□△D-M5		3	中位加压式		3.96（0.22）				
SY5120-□△D-01	Rc$^1/_8$（ϕ6、ϕ8）	2	单电控	0.15～0.7	9.18（0.51）	5			
SY5220-□△D-01		2	双电控	0.1～0.7					
SY5320-□△D-01		3	中位封闭式	0.2～0.7	7.38（0.41）	3			
SY5420-□△D-01		3	中位排气式		7.56（0.42）				
SY5520-□△D-01		3	中位加压式		10.62（0.59）				
SY7120-□△D-02	Rc$^1/_4$（ϕ8，ϕ10）	2	单电控	0.15～0.7	16.2（0.9）	5	0.5W/0.55W（带指示灯）	110V：1.1VA 220V：2.0VA	阀身厚度小，流量大、耗电量小、防灰尘
SY7220-□△D-02		2	双电控	0.1～0.7					
SY7320-□△D-02		3	中位封闭式	0.2～0.7	12.06（0.67）	3			
SY7420-□△D-02		3	中位排气式		11.88（0.66）				
SY7520-□△D-02		3	中位加压式		17.1（0.95）				
SY9120-□△D-◇	Rc$^1/_4$、Rc$^3/_8$（ϕ8、ϕ10、ϕ12）	2	单电控	0.15～0.7	35.76（1.99）	5			
SY9220-□△D-◇		2	双电控	0.1～0.7					
SY9320-□△D-◇		3	中位封闭式	0.2～0.7	34.69（1.93）	3			
SY9420-□△D-◇		3	中位排气式		33.63（1.87）				
SY9520-□△D-◇		3	中位加压式		37.99（2.11）				

注：1. □—代表使用电压，3—AC：110V　4—AC：220V　5—DC：24V　6—DC：12V；
△—代表导线引出方式　G—直接出线式　D—DIN 形插座式　L—L 形插座式　DZ—DIN 形插座，带指示灯和过压抑制器　LZ—L 形插座，带指示灯及过压抑制器；
◇—代表接管口径　02—Rc(P_T)$^1/_4$　03—Rc(P_T)$^3/_8$。

2. 另有直接配管型，在 A、B 气缸口上接管子。在型号的尾部有代替螺纹（01、02、03）的符号 C4、C6、C8、C10、C12 相对应气管外径 ϕ4mm、ϕ6mm、ϕ8mm、ϕ10mm、ϕ12mm 的快速接头。

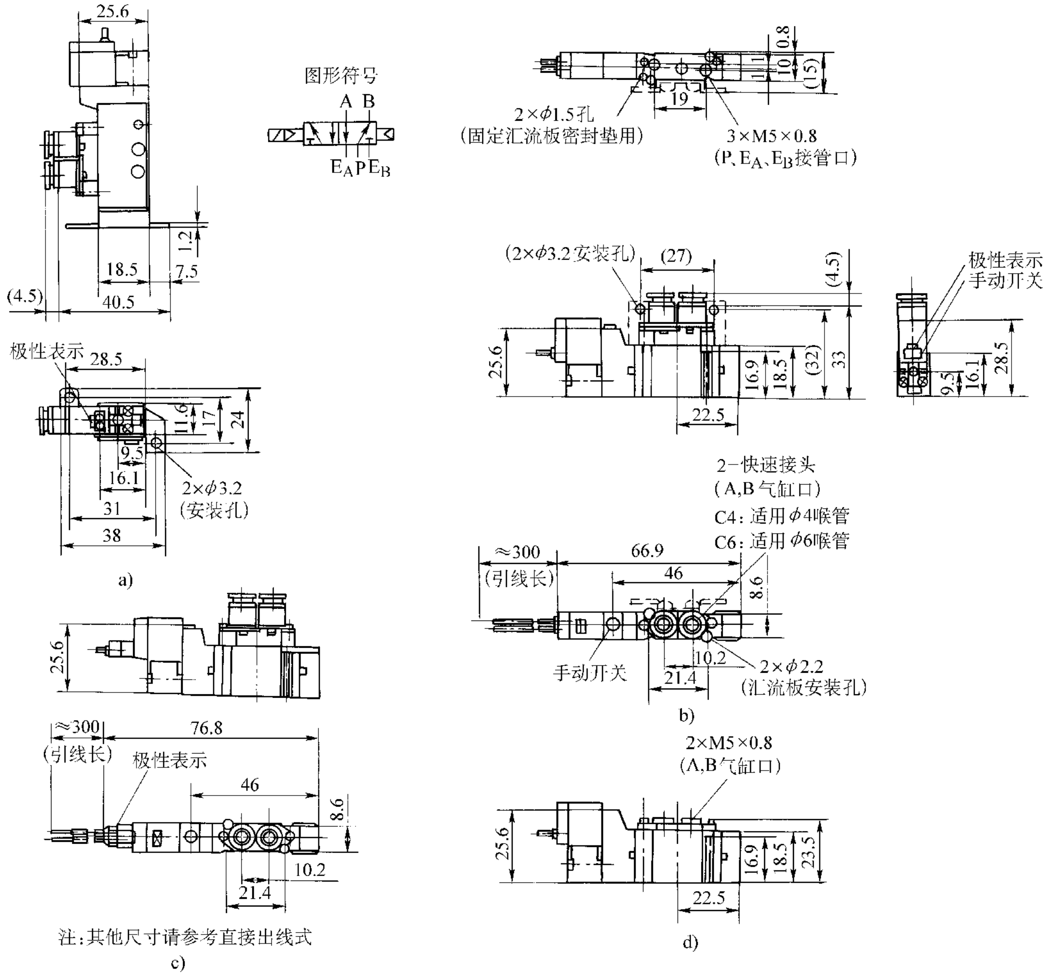


图 23.5-66 SY3000 系列二位、三位五通单、双电控换向阀

a）脚架安装 SY3120-□GD-$\frac{C4}{C6}$ b）直接出线式（G） SY3120-□GD-$\frac{C4}{C6}$（-F2）

c）L 形插座式（L） SY3120-□LD-$\frac{C4}{C6}$ d）螺纹配管 SY3120-□GD-M5

2×φ1.5孔（固定汇流板密封垫用）　3×M5×0.8（P、E_A、E_B接管口）

图形符号

极性表示　手动开关

2-快速接头（A，B气缸口）C4：适用φ4喉管　C6：适用φ6喉管

≈300（引线长）　手动开关　2×φ2.2（汇流板安装孔）

注：[ ]括弧内数值是3位阀的尺寸

e)

≈300（引线长）　极性表示

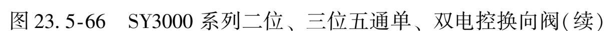
注：[ ]括弧内数值是3位置的尺寸

f)

2×M5×0.8（A、B气缸口）

g)

图 23.5-66　SY3000 系列二位、三位五通单、双电控换向阀（续）



e）直接出线式　SY3220-□GD-$\begin{smallmatrix}C4\\C6\end{smallmatrix}$　SY3$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□GD-$\begin{smallmatrix}C4\\C6\end{smallmatrix}$

f）L 形插座式　SY3220-□LD-$\begin{smallmatrix}C4\\C6\end{smallmatrix}$　SY3$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□LD-$\begin{smallmatrix}C4\\C6\end{smallmatrix}$

g）螺纹配管　SY3220-□GD-□GD-M5　SY3$\begin{smallmatrix}3\\4\\5\end{smallmatrix}$20-□GD-□GD-M5

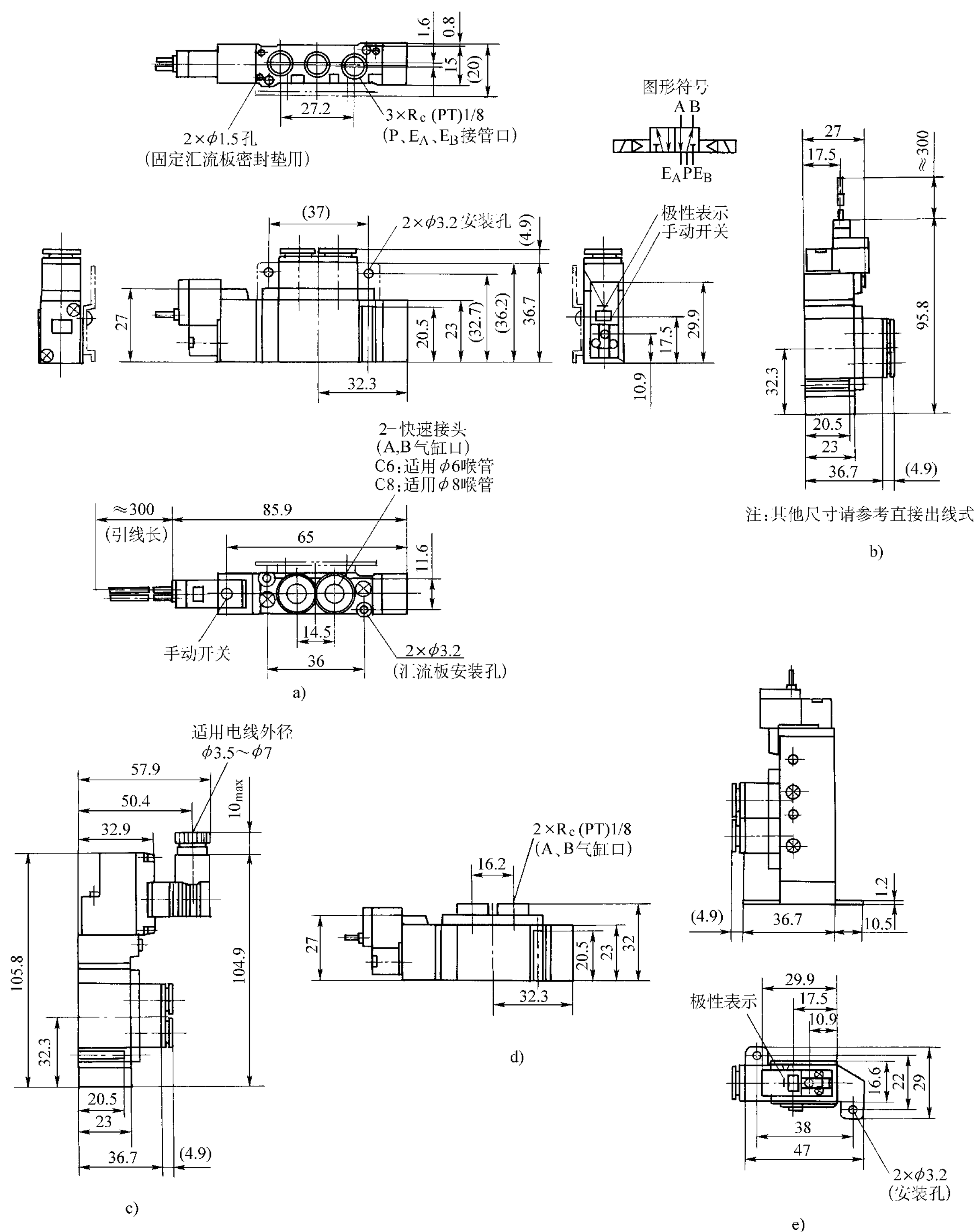


图 23.5-67　SY5000 系列二位、三位五单、双电控换向阀

a）直接出线式（G）　SY5120-□GD-$^{C6}_{C8}$（-F2）　b）L 形插座式（L）　SY5120-□LD-$^{C6}_{C8}$

c）DIN 插座式（D）　SY5120-□DD-$^{C6}_{C8}$　d）螺纹配管　SY5120-□GD-01

e）脚架安装　SY5120-□GD-$^{C6}_{C8}$

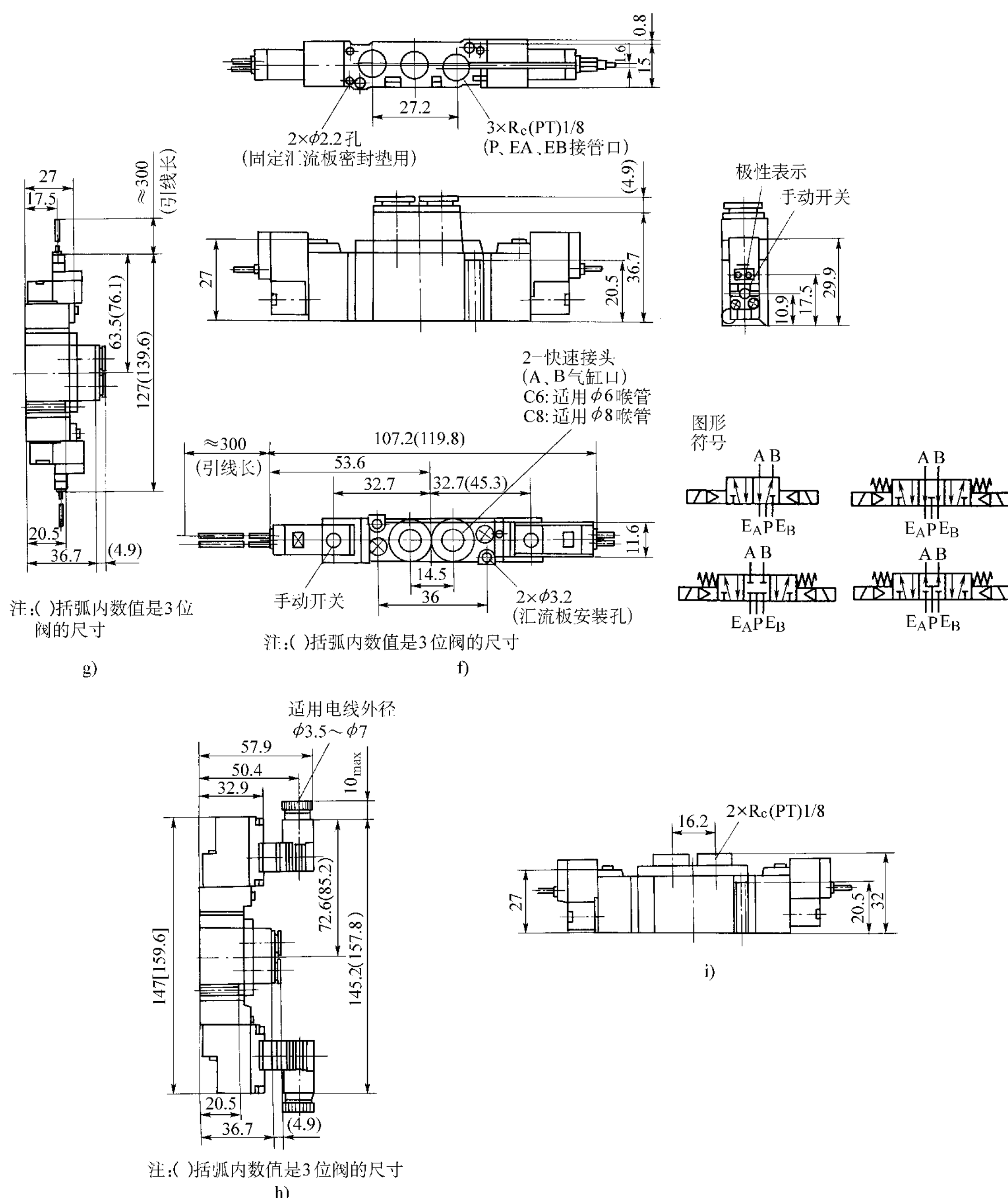


图 23. 5-67　SY5000 系列二位、三位五单、双电控换向阀(续)

f）直接出线式(G)　SY5220-□GD-$\substack{C6\\C8}$　SY5$\substack{3\\4\\5}$20-□GD-$\substack{C6\\C8}$

g）L 形插座式(L)　SY5220-□LD-$\substack{C6\\C8}$　SY5$\substack{3\\4\\5}$20-□LD-$\substack{C6\\C8}$

h）DIN 插座式(D)　SY5220-□DD-$\substack{C6\\C8}$　SY5$\substack{3\\4\\5}$220-□DD-$\substack{C6\\C8}$

i）螺纹配管　SY5220-□GD-01　SY5$\substack{3\\4\\5}$20-□GD-01

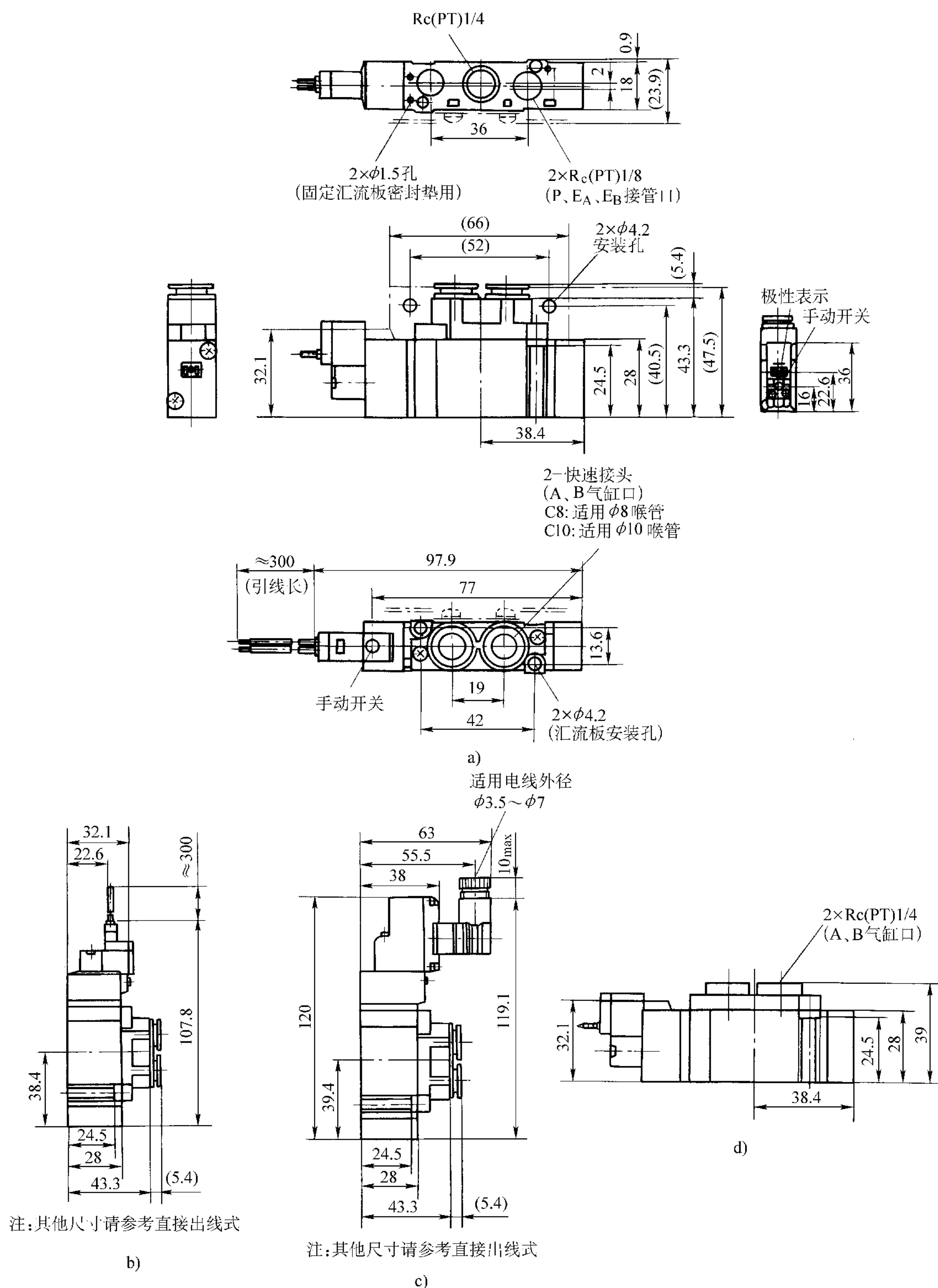


图 23. 5-68 SY7000 系列二位、三位五通单、双电控换向阀

a）直接出线式(G) SY7120-□GD-$\frac{C8}{C10}$(－F2) b）L形插座式(L) SY7120-□LD-$\frac{C8}{C10}$

c）DIN 插座式(D) SY7120-□DD-$\frac{C8}{C10}$ d）螺纹配管 SY7120-□GD-02

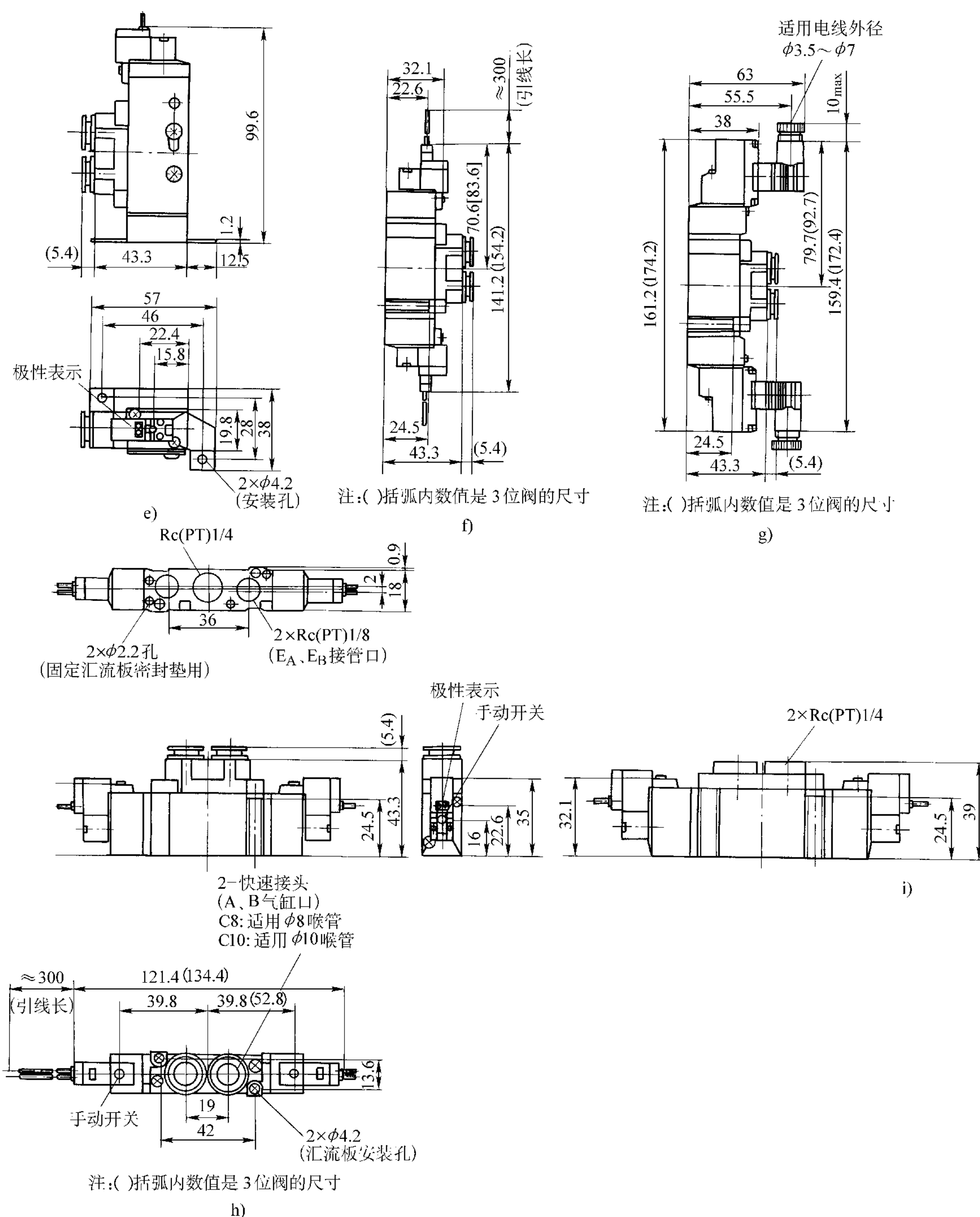


图 23.5-68　SY7000 系列二位、三位五通单、双电控换向阀(续)

e) 脚架安装　SY7120-□GD-$\frac{C8}{C10}$　f) L 形插座式(L)　SY7220-□LD-$\frac{C8}{C10}$　SY72$\overset{3}{\underset{5}{4}}$20-□LD-$\frac{C8}{C10}$

g) DIN 插座式(D)　SY7220-□DD-$\frac{C8}{C10}$　SY72$\overset{3}{\underset{5}{4}}$20-□DD-$\frac{C8}{C10}$

h) 直接出线式(G)　SY7220-□GD-$\frac{C8}{C10}$　SY7$\overset{3}{\underset{5}{4}}$20-□GD-$\frac{C8}{C10}$　i) 螺纹配管　SY7220-□GD-02　SY7$\overset{3}{\underset{5}{4}}$20-□GD-02

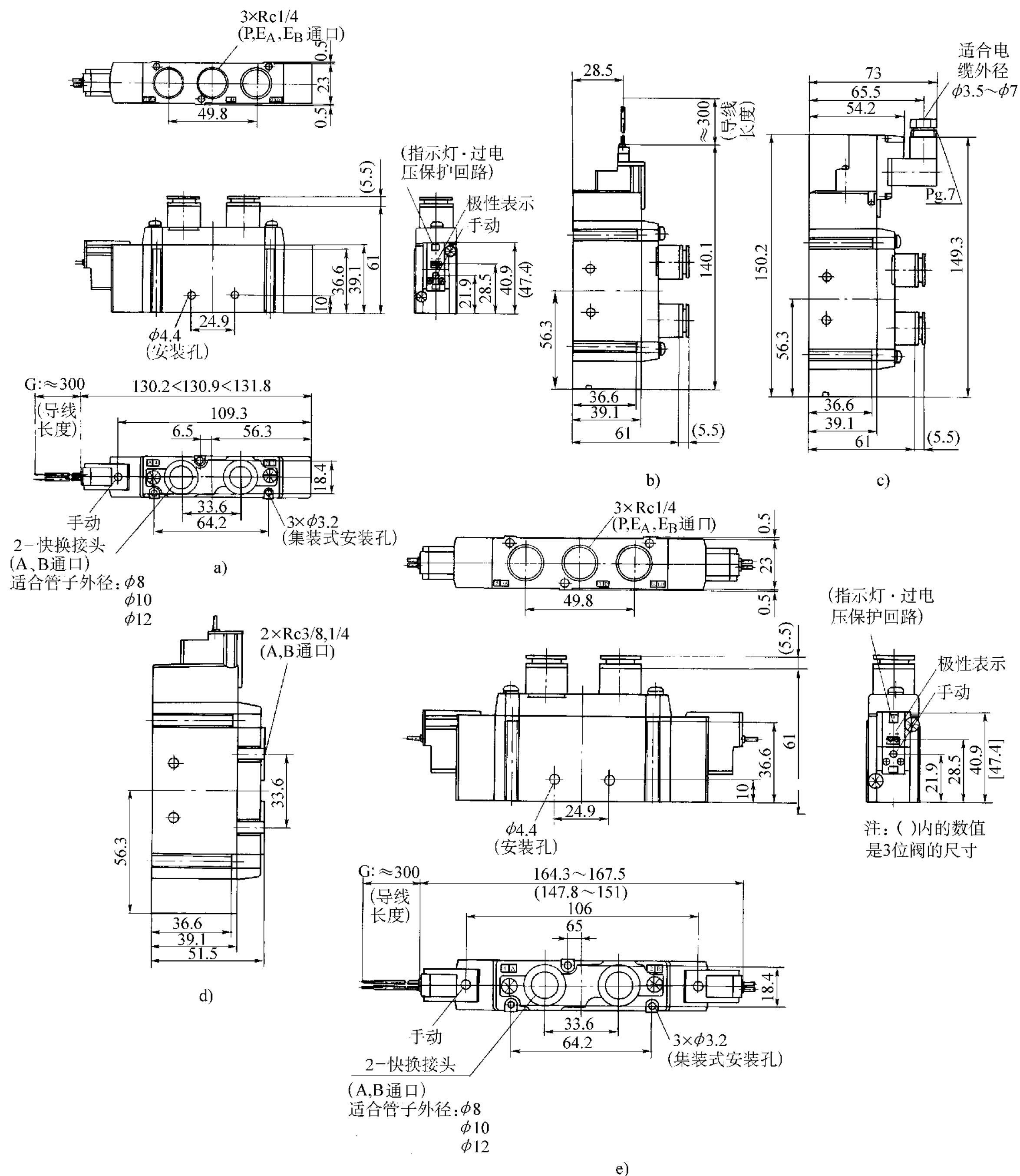


图 23. 5-69 SY9000 系列二位、三位五通单、双电控换向阀

a) 直接出线式(G) SY9120-□GD-C8/C10/C12 b) L 形插座式(L) SY9120-□LD-C8/C10/C12

c) DIN 形插座式(D) SY9120-□DD-C8/C10/C12 d) 螺纹配管 SY9120-□GD-02/03

e) 直接出线式 SY9220-□GD-C8/C10/C12 SY9420-□GD-C8/C10/C12 (3/5)

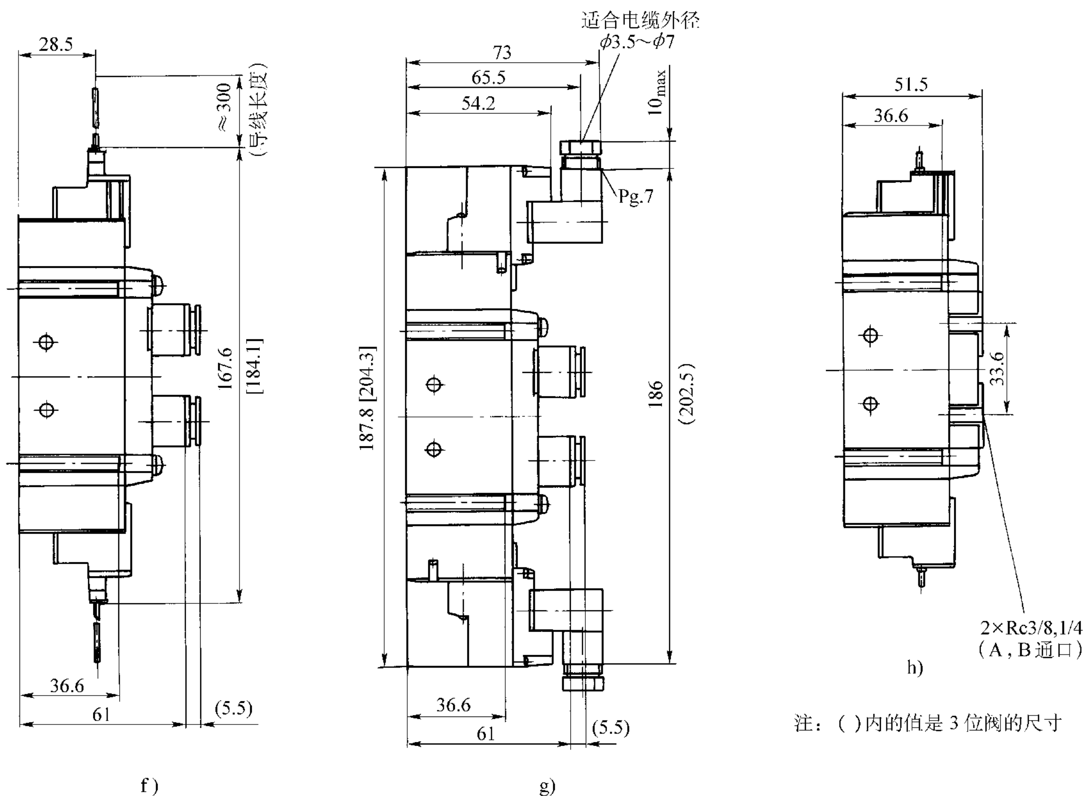


图 23.5-69　SY9000 系列二位、三位五通单、双电控换向阀(续)

f) L 形插座式(L)　SY9220-□LD-C8/C10/C12　SY9(3/4/5)20-□LD-C8/C10/C12　g) DIN 形插座式(D)　SY9220-□DD-C8/C10/C12

SY9(3/4/5)20-□DD-C8/C10/C12　h) 螺纹配管　SY9220-□GD-02/03　SY9(3/4/5)20-□GD-02/03

7. VQ4000、5000 系列二位、三位五通电磁换向阀(见表 23.5-187)

8. SYJ3000、5000、7000 系列二位、三位四通、五通电磁换向阀(见表 23.5-188)

表 23.5-187　VQ4000、5000 系列二位、三位五通电磁换向阀

型号	简　　图	特点	底板接管螺纹	位数	机能	密封型式	型号①	有效截面积/mm^2 (C_v 值)	使用压力范围/MPa	功率消耗 DC	功率消耗 AC
VQ4000	集中出线式 分别出线式	寿命长、阀身厚度小、流通能力大、功率消耗少、防灰尘	Rc$^1/_4$ ~ Rc$^3/_8$	2 位	单电控	间隙密封	VQ41$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$0	36.0(2.0)	0.15 ~ 1.0	DC：12V、24V 0.5 ~ 1W	110V 1.2 ~ 1.3 VA 220 V 2.4 ~ 2.6 VA
						弹性密封	VQ41$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$1	39.6(2.2)	0.2 ~ 1.0		
					双电控	间隙密封	VQ42$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$0	36.0(2.0)	0.15 ~ 1.0		
						弹性密封	VQ42$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$1	39.6(2.2)	0.15 ~ 1.0		
				3 位	中位封闭型	间隙密封	VQ43$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$0	32.4(1.8)	0.15 ~ 1.0		
						弹性密封	VQ43$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$1	36.0(2.0)	0.2 ~ 1.0		
					中位泄压型	间隙密封	VQ44$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$0	36.0(2.0)	0.15 ~ 1.0		
						弹性密封	VQ44$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$1	39.6(2.2)	0.2 ~ 1.0		
					中位加压型	间隙密封	VQ45$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$0	36.0(2.0)	0.15 ~ 1.0		
						弹性密封	VQ45$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$1	39.6(2.2)	0.2 ~ 1.0		
					中位止回型	间隙密封	VQ46$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$0	19.8(1.1)	0.15 ~ 1.0		
						弹性密封	VQ46$\begin{smallmatrix}0\\5\end{smallmatrix}$1	21.6(1.2)	0.2 ~ 1.0		

（续）

型号	简　图	特点	底板接管螺纹	位数	机能	密封型式	型号①	有效截面积/mm^2（C_v值）	使用压力范围/MPa	功率消耗	
										DC	AC
VQ5000	集中出线式 分别出线式	寿命长、阀身厚度小、流通能力大、功率消耗少、防灰尘	$Rc^1/_2$	2位	单电控	间隙密封	VQ51$^{0}_{5}$0	72.0(4.0)	0.1～1.0	DC：12V、24V 0.5～1W	110V 1.2～1.3VA 220V 2.4～2.6VA
						弹性密封	VQ51$^{0}_{5}$1	79.2(4.4)	0.2～1.0		
					双电控	间隙密封	VQ52$^{0}_{5}$0	72.0(4.0)	0.1～1.0		
						弹性密封	VQ52$^{0}_{5}$1	79.2(4.4)	0.15～1.0		
				3位	中位封闭型	间隙密封	VQ53$^{0}_{5}$0	61.2(3.4)	0.15～1.0		
						弹性密封	VQ53$^{0}_{5}$1	63.0(3.5)	0.2～1.0		
					中位泄压型	间隙密封	VQ54$^{0}_{5}$0	72.0(4.0)	0.15～1.0		
						弹性密封	VQ54$^{0}_{5}$1	79.2(4.4)	0.2～1.0		
					中位加压型	间隙密封	VQ55$^{0}_{5}$0	61.2(3.4)	0.15～1.0		
						弹性密封	VQ55$^{0}_{5}$1	63.0(3.5)	0.2～1.0		
					中位止回型	间隙密封	VQ56$^{0}_{5}$0	41.4(2.3)	0.15～1.0		
						弹性密封	VQ56$^{0}_{5}$1	45.0(2.5)	0.2～1.0		

① VQ$^{4}_{5}$□△中，△为阀体形式：0—插入式、5—插头引线式。

表23.5-188　SYJ3000、5000、7000系列二位、三位四通、五通电磁换向阀

简　图	特点	型号	配管型式	位数	机能	接管螺纹	有效截面积/mm^2（C_v值）	气控阀
直接配管型	紧凑，阀宽10mm 低功率：0.5W 白色阀体	SYJ312□	五通直接配管型	2	单电控	M3×0.5mm	0.9(0.05)	有
		SYJ322□			双电控			
		SYJ332□		3	中封式			
		SYJ342□			中泄式			
		SYJ352□			中压式			
底板配管型		SYJ314□	五通底板配管型（带底板）	2	单电控	M5×0.8mm	1.8(0.1)	有
		SYJ324□			双电控			
		SYJ334□		3	中封式			
		SYJ344□			中泄式			
		SYJ354□			中压式			
集装型		SYJ313□	四通底板配管型（集装式专用）	2	单电控	—	1.2(0.067)①	有
		SYJ323□			双电控			
		SYJ333□		3	中封式			
		SYJ343□			中泄式			
		SYJ353□			中压式			

（续）

简　图	特点	型号	配管型式	位数	机能	接管螺纹	有效截面积 /mm²(C_v 值)	气控阀
	紧凑，阀宽 10mm 低功率：0.5W 白色阀体	SYJ5120	五通直接配管型	2	单电控	M5 ×0.8mm②	3.6(0.2)	有
		SYJ5220			双电控			
		SYJ5320		3	中封式		3.2(0.18)	
		SYJ5420			中泄式		3.6(0.2)③	
		SYJ5520			中压式		4.0(0.22)③	
		SYJ5140	五通底板配管型	2	单电控	Rc(PT)1/8	4.5(0.25)	有
直接配管型		SYJ5240			双电控			
		SYJ5340		3	中封式		3.4(0.19)	
		SYJ5440			中泄式		4.5(0.25)③	
		SYJ5540			中压式		5.3(0.29)③	
		SYJ7120	五通直接配管型	2	单电控	Rc(PT)1/8④	11(0.6)	有
		SYJ7220			双电控			
底板配管型		SYJ7320		3	中封式		8.5(0.47)	
		SYJ7420			中泄式		9(0.5)③	
		SYJ7520			中压式		13.5(0.75)③	
		SYJ7140	五通底板配管型	2	单电控	Rc(PT)1/8 Rc(PT)1/4	12.6(0.7)	有
		SYJ7240			双电控			
集装型		SYJ7340		3	中封式		8.5(0.47)	
		SYJ7440			中泄式		9(0.5)③	
		SYJ7540			中压式		13.5(0.75)③	

注：线圈额定电压——DC：24V、12V、6V、5V、3V；AC：100V、110V、200V、220V；出线方式——直接出线式，L形插座式，M形插座式。

① 安装在集装板上，A、B 配管口径为 M5 时的值。

② A、B 配管口径尚有 C4、C6、P、R 通口为 M5 ×0.8mm。

③ 指 P→A、B 时的值。

④ A、B 配管口径尚有 C6、C8、P、R 通口为 Rc(PT)1/8。

9. VF1000、3000、5000 系列二位四通、三位五通电磁换向阀（见表 23.5-189）

10. VFS4000、5000 系列二位、三位五通电磁换向阀（见表 23.5-190）

表 23.5-189　VF1000、3000、5000 系列二位四通、三位五通电磁换向阀（弹性密封）

简　图

（续）

特　点	型　号		动作方式	接管螺纹	位数	机　能	有效截面积 /mm^2（C_v值）	使用压力 /MPa	视在功率 /VA （50Hz）	气控阀
低消耗功率1.8W(DC) 先导阀和主阀集中排气，无需考虑先导阀的排气	直接配管型	VF1120	先导式	E_A、E_B为Rc$^{1}/_{8}$	2	单电控	2.7(0.15)	0.15～0.9	3.4	有
		VF1220				双电控		0.1～0.9		
		VF3130	先导式	Rc$^{1}/_{8}$、$^{1}/_{4}$	2	单电控	$^{1}/_{8}$：14.4(0.8) $^{1}/_{4}$：18(1)	0.15～0.9	3.4	有
		VF3230				双电控		0.1～0.9		
		VF3330			3	中位封闭型	$^{1}/_{8}$：14.4(0.8)	0.15～0.9		
		VF3430				中位排气型	$^{1}/_{4}$：18(1)			
		VF3530				中位加压型	$^{1}/_{4}$：16.2(0.9)			
		VF5120	先导式	Rc$^{1}/_{4}$、$^{3}/_{8}$	2	单电控	$^{1}/_{4}$：34.2(1.9) $^{3}/_{8}$：45(2.5)	0.15～0.9	3.4	有
		VF5220				双电控		0.1～0.9		
		VF5320			3	中位封闭型	$^{1}/_{4}$：30.6(1.7) $^{3}/_{8}$：36(2.0)	0.15～0.9		
		VF5420				中位排气型	$^{1}/_{4}$：32.4(1.8) $^{3}/_{8}$：41.4(2.3)			
		VF5520				中位加压型	$^{3}/_{8}$：36(2.0)			
	底板配管型（带底板）	VF3140	先导式	Rc$^{1}/_{4}$、$^{3}/_{8}$	2	单电控	$^{1}/_{4}$：16(0.9) $^{3}/_{8}$：18 (1.0)	0.15～0.9	3.4	有
		VF3240				双电控		0.1～0.9		
		VF3340			2	中位封闭型	$^{1}/_{4}$：12.5(0.7) $^{3}/_{8}$：14.5(0.8)	0.15～0.9		
		VF3440				中位排气型	$^{1}/_{4}$：16(0.9) $^{3}/_{8}$：18(1.0)			
		VF3540				中位加压型	$^{1}/_{4}$：12.7(0.7) $^{3}/_{8}$：13.3(0.75)			
		VF5144	先导式	Rc$^{1}/_{4}$、$^{3}/_{8}$、$^{1}/_{2}$	2	单电控	$^{1}/_{4}$：34.2(1.9) $^{3}/_{8}$：45(2.5) $^{1}/_{2}$：52(2.9)	0.15～0.9	3.4	有
		VF5244				双电控		0.1～0.9		
		VF5344			3	中位封闭型	$^{1}/_{4}$：33(1.8) $^{3}/_{8}$：34(1.9) $^{1}/_{2}$：38(2.1)	0.15～0.9		
		VF5444				中位排气型	$^{1}/_{4}$：36(2.0) $^{3}/_{8}$：39(2.2) $^{1}/_{2}$：44(2.4)			
		VF5544				中位加压型	$^{1}/_{4}$：33.3(1.85) $^{3}/_{8}$：36(2.0) $^{1}/_{2}$：39.6(2.2)			

注：1. 标准线圈额定电压——AC：100V、200V(50/60Hz)，DC：24V。

2. 出线方式——直接出线式、直接出线插座式、导管插座式、DIN插座式。

表 23.5-190　VFS4000、5000 系列二位、三位五通电磁换向阀(间隙密封/插入式、非插入式)

简　图	系列	位数	机　能	型　号		接管螺纹/in	有效截面积/mm^2(C_v 值)	使用压力/MPa	功率消耗	
				插入式	非插入式				直流/W	交流/VA
	VFS4000	2	单电控	VFS4100	VFS4110	3/8	59.4(3.3)	0.1～1.0	1.8	起动：5.6 保持：3.4
						1/2	64.8(3.6)			
			双电控	VFS4200	VFS4210	3/8	59.4(3.3)			
						1/2	64.8(3.6)			
		3	中位封闭型	VFS4300	VFS4310	3/8	50.4(2.8)	0.15～1.0		
						1/2	54.0(3.0)			
			中位排气型	VFS4400	VFS4410	3/8	50.4(2.8)			
						1/2	54.0(3.0)			
			中位加压型	VFS4500	VFS4510	3/8	57.6(3.2)			
						1/2	61.2(3.4)			
			中位止回型	VFS4600	VFS4610	3/8	30.2(1.7)			
						1/2	32.4(1.8)			
	VFS5000	2	单电控	VFS5100	VFS5110	3/8	78.7(4.4)	0.1～1.0		
						1/2	97.2(5.4)			
						3/4	102.6(5.7)			
			双电控	VFS5200	VFS5210	3/8	78.7(4.4)			
						1/2	97.2(5.4)			
						3/4	102.6(5.7)			
		3	中位封闭型	VFS5300	VFS5310	3/8	67.1(3.7)			
						1/2	82.8(4.6)			
						3/4	86.4(4.8)			
			中位排气型	VFS5400	VFS5410	3/8	70.0(3.9)			
						1/2	86.4(4.8)			
						3/4	90.0(5.0)			
			中位加压型	VFS5500	VFS5510	3/8	70.0(3.9)			
						1/2	86.4(4.8)			
						3/4	88.2(4.9)			
			中位止回型	VFS5600	VFS5610	3/8	39.4(2.2)			
						1/2	48.6(2.7)			
						3/4	50.4(2.8)			

注：1. 标准线圈额定电压——AC：100V、200V(50/60Hz)，DC：24V。

2. 出线方式——导管插座式(插入式)、DIN 插座式、直接出线插座式(非插入式)。

11. VFR 系列二位、三位五通单、双电控换向阀(见表 23.5-191)

12. 50VFE 系列二位、三位五通先导式防爆型电磁换向阀(见表 23.5-192)

表 23.5-191　VFR 系列二位、三位五通单、双电控换向阀(弹性密封型/插入式、非插入式)

简图	系列	位数	机能	插入式	非插入式	配管口径 Rc(PT)/in	有效截面积/mm^2 (C_v 值)	使用压力/MPa	功率消耗 直流/W	功率消耗 交流/VA
	VFR 2000	2	单电控	VFR2100	VFR2110	1/8	13.0(0.72)	0.2~0.9	DC 24 V 1.8	AC 220V 60Hz 起动 5 保持 2.3
						1/4				
			双电控	VFR2200	VFR2210	1/8	13.0(0.72)	0.1~0.9		
						1/4				
		3	中位封闭型	VFR2300	VFR2310	1/8	7.4(0.41)	0.2~0.9		
						1/4				
			中位排气型	VFR2400	VFR2410	1/8	5.4(0.3)			
						1/4				
			中位加压型	VFR2500	VFR2510	1/8	13.2(0.73)			
						1/4				
	VFR 3000	2	单电控	VFR3100	VFR3110	1/4	37.8(2.1)	0.2~0.9		
						3/8	41.4(2.3)			
			双电控	VFR3200	VFR3210	1/4	37.8(2.1)	0.1~0.9		
						3/8	41.4(2.3)			
		3	中位封闭型	VFR3300	VFR3310	1/4	34.2(1.9)	0.2~0.9		
						3/8	36(2.0)			
			中位排气型	VFR3400	VFR3410	1/4	34.2(1.9)			
						3/8	36(2.0)			
			中位加压型	VFR3500	VFR3510	1/4	39.6(2.2)			
						3/8	41.4(2.3)			
	VFR 4000	2	单电控	VFR4100	VFR4110	3/8	65(3.6)	0.2~0.9		
						1/2	67(3.7)			
			双电控	VFR4200	VFR4210	3/8	65(3.6)	0.1~0.9		
						1/2	67(3.7)			
		3	中位封闭型	VFR4300	VFR4310	3/8	57.6(3.2)	0.2~0.9		
						1/2				
			中位排气型	VFR4400	VFR4410	3/8	51(2.8)			
						1/2				
			中位加压型	VFR4500	VFR4510	3/8	65(3.6)			
						1/2				

（续）

简　图	系列	位数	机能	插入式	非插入式	配管口径 Rc(PT)/in	有效截面积/mm^2 (C_v 值)	使用压力/MPa	功率消耗	
									直流/W	交流/VA
	VFR 5000	2	单电控	VFR5100	VFR5110	$^{3}/_{8}$	72(4.0)	0.2～0.9	DC 24V 1.8	AC 220V 60Hz 起动 5 保持 2.3
						$^{1}/_{2}$	88.2(4.9)			
						$^{3}/_{4}$	90(5.0)			
			双电控	VFR5200	VFR5210	$^{3}/_{8}$	72(4.0)	0.1～0.9		
						$^{1}/_{2}$	88.2(4.9)			
						$^{3}/_{4}$	90(5.0)			
		3	中位封闭型	VFR5300	VFR5310	$^{3}/_{8}$	72(4.0)	0.2～0.9		
						$^{1}/_{2}$	82.8(4.6)			
						$^{3}/_{4}$	86.4(4.8)			
			中位排气型	VFR5400	VFR5410	$^{3}/_{8}$	72(4.0)			
						$^{1}/_{2}$	81(4.5)			
						$^{3}/_{4}$	84.6(4.7)			
			中位加压型	VFR5500	VFR5510	$^{3}/_{8}$	75.6(4.2)			
						$^{1}/_{2}$	90(5.0)			
						$^{3}/_{4}$	93.6(5.2)			
	VFR 6000	2	单电控	VFR6100	VFR6110	$^{3}/_{4}$	171(9.5)	0.2～0.9		
						1	191(10.6)			
			双电控	VFR6200	VFR6210	$^{3}/_{4}$	171(9.5)	0.1～0.9		
						1	191(10.6)			
		3	中位封闭型	VFR6300	VFR6310	$^{3}/_{4}$	169(9.4)	0.2～0.9		
						1	180(10.0)			
			中位排气型	VFR6400	VFR6410	$^{3}/_{4}$	166(9.2)			
						1	178(9.9)			
			中位加压型	VFR6500	VFR6510	$^{3}/_{4}$	167(9.3)			
						1	183(10.2)			

注：1. 标准线圈额定电压——AC：100V、200V(50/60Hz)，DC：24V。

2. 出线方式——导管插座式(插入式)、直接出线式、导管插座式、L 形插座式、M 形插座式、DIN 插座式、直接出线插座式(非插入式)。

表 23.5-192 50VFE 系列二位、三位五通先导式防爆型电磁换向阀(直接配管型)

简图	特点	型号	机能		接管螺纹②	有效截面积①/mm²(C_v 值)			使用压力范围/MPa
						Rc(PT)$^1/_8$	Rc(PT)$^1/_4$	Rc(PT)$^3/_8$	
	流通能力大 功率消耗小 符合 IEC 国际标准 主阀和先导阀集中排气	50-VFE3130-□□-$^{01}_{02}$	2位	单电控	Rc(PT)$^1/_8$ Rc(PT)$^1/_4$	14.4(0.8)	18(1.0)	—	2 位单电控 3 位阀 0.15~0.9 2 位双电控 0.1~0.9
		50-VFE3230-□□-$^{01}_{02}$		双电控		14.4(0.8)	18(1.0)	—	
		50-VFE3330-□□-$^{01}_{02}$	3位	中封式		11.7(0.65)	14.4(0.8)	—	
		50-VFE3430-□□-$^{01}_{02}$		中泄式		14.4(0.8)	18(1.0)	—	
		50-VFE3530-□□-$^{01}_{02}$		中压式		14.4(0.8) 9.9(0.53)①	16.2(0.9) 10.8(0.6)①	—	
		50-VFE5120-□□-$^{02}_{03}$	2位	单电控	Rc(PT)$^1/_4$ Rc(PT)$^3/_8$	—	34.2(1.9)	45(2.5)	
		50-VFE5220-□□-$^{02}_{03}$		双电控		—	34.2(1.9)	45(2.5)	
		50-VFE5320-□□-$^{02}_{03}$	3位	中封式		—	30.6(1.7)	36(2.0)	
		50-VFE5420-□□-$^{02}_{03}$		中泄式		—	32.4(1.8)	41.4(2.3)	
		50-VFE5520-□□-$^{02}_{03}$		中压式		—	36(2.0) 14.8(0.8)①	36(2.0) 15.3(0.85)①	

注：标准线圈额定电压——24V(DC)，100V、200VAC。
① 指 P→A、B 通路。
② 50-VFE3□30 的排气口(R_1、R_2)为 Rc(PT)$^1/_8$。

2.2.3 SMC 流量控制阀

1. AS 系列调速阀(见表 23.5-193 ~ 表 23.5-196)

表 23.5-193 AS 系列带快换接头(直通型)调速阀

简图	型号	适合配管外径/mm						流量/L·min⁻¹(标准状态)	针阀调节圈数	适用缸径/mm
		3.2	4	6	8	10	12			
	AS1001F	○	○	○				ϕ3.2、ϕ4、ϕ6：100	8	6、10、15、20
	AS2001F		○	○				ϕ4：130 ϕ6：230	10	20、25、32
	AS2051F			○	○			ϕ6：290 ϕ8：460	10	20、25、32、40
	AS3001F			○	○	○	○	ϕ6：420、ϕ8：660 ϕ10、ϕ12：920	10	40、50、63
	AS4001F					○	○	ϕ10：1050 ϕ12：1390	10	63、80、100

表 23.5-194　AS 系列直接安装型与直接配管型调速阀

简　　图	型式	型号	接管螺纹	流量/L·min^{-1}（标准状态）	针阀调节圈数	适用缸径/mm
AS1200-M5　AS2200	直接安装型（金属弯头型）	AS1200-M3	M3×0.5mm	20/20	10	2.5、4、6
		AS1400-M3				
		AS12□0-M5	M5×0.8mm	105/105	8	6、10、15、20、25
		AS22□0-01	Rc$^{1}/_{8}$	230	10	20、25、32、40
		AS22□0-02	Rc$^{1}/_{4}$	460		
		AS32□0-03	Rc$^{3}/_{8}$	920		32、40、50、63
		AS42□0-04	Rc$^{1}/_{2}$	1700/1700		80、100
AS3000　AS2000　AS1000-M5	直接配管型（金属阀体）	AS1000-M3	M3×0.5mm	20/20	8	2.5、4、6
		AS1000-M5	M5×0.8mm	90/80	10	6、10、15、20、25
		AS2000-	Rc$^{1}/_{8}$、$^{1}/_{4}$	340/250	8	20、25、32、40
		AS3000-	Rc$^{1}/_{4}$、$^{3}/_{8}$	810/810		32、40、50、63
		AS3500-	Rc$^{1}/_{4}$、$^{3}/_{8}$	810/810		40、50、63
		AS4000-□	Rc$^{1}/_{4}$、$^{3}/_{8}$、$^{1}/_{2}$	1670/1670		40、50、63、80、100
		AS5000-02	Rc$^{1}/_{4}$	2840/2840		40、50、63、80、100
		AS5000-	Rc$^{3}/_{8}$、$^{1}/_{2}$	4270/4270		

表 23.5-195　AS 系列直接配管型（大流量、金属阀体）调速阀

简　　图	型号	接管螺纹 Rc(PT)	流量/L·min^{-1}（标准状态）	针阀调节圈数	适用缸径/mm
AS900　AS800　AS600　AS420　AS500	AS420-02	$^{1}/_{4}$	2500/3600	10	63、80、100、125
	AS420-03	$^{3}/_{8}$	5000/4800	10	
	AS420-04	$^{1}/_{2}$	6600/6700	10	140、160、180、200
	AS500-06	$^{3}/_{4}$	10100/8100	10	160、180、200、250
	AS600-10	1	15100/16900	10	300
	AS800-12	1$^{1}/_{4}$	35400/38500	12	
	AS900-14	1$^{1}/_{2}$	52000/47500	12	
	AS900-20	2	57800/60800	12	

表 23.5-196　AS 系列带快速接头型调速阀（弯头型、万向型）

简　　图	型　　号		接管螺纹	流量/L·min^{-1}（标准状态）	适合配管外径/mm						适用缸径/mm
	弯头型	万向型①			3.2	4	6	8	10	12	
弯头型　万向型	AS12□1F-M3	AS13□1F-M3	M3×0.5	ϕ3.2、ϕ4：20	○	○					2.5、4、6
	AS12□1F-M5	AS13□1F-M5	M5×0.8	ϕ3.2、ϕ4、ϕ6：100	○	○	○				6、10、15、20
	AS22□1F-01	AS23□1F-01	Rc$^{1}/_{8}$	ϕ3.2、ϕ4：180 ϕ6、ϕ8、ϕ10：230	○	○	○	○	○		20、25、32
	AS22□1F-02	AS23□1F-02	Rc$^{1}/_{4}$	ϕ4：260/ϕ6：390 ϕ8、ϕ10：460		○	○	○	○		20、25、32、40
	AS32□1F-03	AS33□1F-03	Rc$^{3}/_{8}$	ϕ6：660/ϕ8：790 ϕ10、ϕ12：920			○	○	○	○	40、50、63
	AS42□1F-04	AS43□1F-04	Rc$^{1}/_{2}$	ϕ10：1580 ϕ12：1710					○	○	63、80、100

① 插入的软管入口可自由转动 360°。

2. AS-E/AS-FE 系列带残压释放阀的调速阀(见表 23.5-197、表 23.5-198)

3. AS-FM 系列低速控制用调速阀(见表 23.5-199)

4. ASP 系列带先导式单向阀的调速阀(见表 23.5-200)

表 23.5-197　AS-E/AS-FE 系列直通型(金属阀体)带残压释放阀的调速阀

简　图	型　号	配管螺纹	流量/L·min^{-1}(标准状态)	针阀调节圈数	适用缸径/mm
	AS2000E-01	Rc(PT)$^{1}/_{8}$	340/250	8	20、25、32、40
	AS2000E-02	Rc(PT)$^{1}/_{4}$			
	AS3000E-02	Rc(PT)$^{1}/_{4}$	810/810		32、40、50、63
	AS3000E-03	Rc(PT)$^{3}/_{8}$			
	AS4000E-02	Rc(PT)$^{1}/_{4}$	1670/1670		40、50、63、80、100
	AS4000E-03	Rc(PT)$^{3}/_{8}$			
	AS4000E-04	Rc(PT)$^{1}/_{2}$			

表 23.5-198　AS-E/AS-FE 系列带快速接头、有残压释放阀的调速阀(弯头型、万向型)

简　图	型　号		接管螺纹/in	流量/L·min^{-1}(ANR)自由/控制	适合配管外径/mm					适用缸径/mm
	弯头型	万向型②			4	6	8	10	12	
带快换接头	AS22□1FE-01	AS23□1FE-01	R(PT)$^{1}/_{8}$	ϕ4：180 ϕ6、ϕ8、ϕ10：230	○	○	○	○①		20、25、32
	AS22□1FE-02	AS23□1FE-02	R(PT)$^{1}/_{4}$	ϕ4：260 ϕ6：390 ϕ8、ϕ10：460	○	○	○	○		20、25、32、40
	AS22□1FE-03	AS23□1FE-03	R(PT)$^{3}/_{8}$	ϕ6：660 ϕ8：790 ϕ10、ϕ12：920		○	○	○	○	40、50、63
	AS22□1FE-04	AS23□1FE-04	R(PT)$^{1}/_{2}$	ϕ10：1580 ϕ12：1710				○	○	63、80、100

① 仅对弯头型。

② 插入的软管入口可自由转动 360°。

表 23.5-199　AS-FM 系列带快换接头型低速控制用调速阀(弯头型、万向型)

简　图	型　号		接管螺纹	流量/L·min^{-1}(标准状态)	适合配管外径/mm					适用缸径①/mm	针阀调节圈数
	弯头型	万向型			3.2	4	6	8	10		
	AS12□1FM-M5	AS13□1FM-M5	M5×0.8	100/7	○	○	○			6、10、16、20	20
	AS22□1FM-01	AS23□1FM-01	R(PT)$^{1}/_{8}$	ϕ3.2、ϕ4：180/12 ϕ6、ϕ8：230/12	○	○	○	○		20、25、32	10
	AS22□1FM-02	AS23□1FM-02	R(PT)$^{1}/_{4}$	ϕ4：260/38 ϕ6：390/38 ϕ8、ϕ10：460/38		○	○	○	○	20、25 32、40	

① 适合气缸低速 10～50mm/s 情况下使用。

表 23.5-200 ASP 系列带先导式单向阀的调速阀

简图	用途	型号	接管螺纹	先导口接管螺纹	适合配管外径/mm				流量/L·min^{-1}（标准状态）
					6	8	10	12	
	用于气缸的中停和速度控制	ASP330F-01	R(PT)$^{1}/_{8}$	M5×0.8mm	○	○			180
		ASP430F-02	R(PT)$^{1}/_{4}$	Rc(PT)$^{1}/_{8}$	○	○			330/350
		ASP530F-03	R(PT)$^{3}/_{8}$	Rc(PT)$^{1}/_{8}$		○	○		600/750
		ASP630F-04	R(PT)$^{1}/_{2}$	Rc(PT)$^{1}/_{4}$			○	○	1100/1190
		ASP430F-F02	R(PT)$^{1}/_{4}$	G(PF)$^{1}/_{8}$	○	○			330/350
		ASP530F-F03	R(PT)$^{3}/_{8}$	G(PF)$^{1}/_{8}$		○	○		600/750
		ASP630F-F04	R(PT)$^{1}/_{2}$	G(PF)$^{1}/_{8}$			○	○	1100/1190

5. ASD-F 系列双向调速阀（见表 23.5-201）

表 23.5-201 ASD-F 系列双向调速阀（带快换接头、万向型）

简图	特点	型号	接管螺纹	流量/L·min^{-1}（标准状态）	适合配管外径/mm					适用缸径/mm	针阀调节圈数
					4	6	8	10	12		
	两个方向都可控制流量	ASD230F-M5	M5×0.8mm	75	○	○				6、10、16、20	8
		ASD330F-01	R(PT)$^{1}/_{8}$	175		○	○			20、25、32	10
		ASD430F-02	R(PT)$^{1}/_{4}$	ϕ6：295 ϕ8、ϕ10：350		○	○			20、25、32、40	
		ASD530F-02	R(PT)$^{1}/_{4}$	ϕ6：500 ϕ8：600 ϕ10、ϕ12：700		○	○	○	○	20、25、32、40	
		ASD530F-03	R(PT)$^{3}/_{8}$							40、50、63	
		ASD630F-04	R(PT)$^{1}/_{2}$	ϕ10：1200 ϕ12：1300				○	○	63、80、100	

6. ASV 系列快速调速阀（见表 23.5-202）

表 23.5-202 ASV 系列含有快速排气阀、排气节流阀（及消声器）的快速调速阀

简图	特点	型号	接管螺纹	适合配管口径/mm					有效截面积/mm^2		针阀调节圈数
				4	6	8	10	12	IN→OUT	OUT→EXH	
	可用于气缸的高速驱动 能够获得约 2 倍的有效截面积（与普通调速阀相比较） 内藏消声器/快换接头 标准型为难燃性树脂阀体（UL 规格 V-0）	ASV120F-M3	M3×0.5mm	○					0.3	0.3	10
		ASV220F-M5	M5×0.8mm	○	○				1.3	1.3	8
		ASV310F-01	R(PT)$^{1}/_{8}$		○	○			7	8	12
		ASV310F-02	R(PT)$^{1}/_{4}$		○	○			7	8	
		ASV410F-01	R(PT)$^{1}/_{8}$			○	○		13.5	14	
		ASV410F-02	R(PT)$^{1}/_{4}$			○	○		13.5	14	
		ASV410F-03	R(PT)$^{3}/_{8}$			○	○		13.5	14	
		ASV510F-02	R(PT)$^{1}/_{4}$				○	○	23	27	15
		ASV510F-03	R(PT)$^{3}/_{8}$				○	○	27	29	
		ASV510F-04	R(PT)$^{1}/_{2}$				○	○	27	29	

7. ASN2 系列带消声器的排气节流阀(见表 23. 5-203)

表 23. 5-203　ASN2 系列带消声器的排气节流阀

简　图	用　途	型　号	接管螺纹	有效截面积 /mm^2	使用压力 /MPa	针阀调节圈数
	安装在电磁阀的排气口，进行执行元件的速度控制及消除排气噪声	ASN2-M5	M5 ×0. 5mm	1. 8	0 ~1. 0	8
		ASN2-01	$R^{1}/_{8}$	3. 6		10
		ASN2-02	$R^{1}/_{4}$	6. 5		
		ASN2-03	$R^{3}/_{8}$	16. 6		
		ASN2-04	$R^{1}/_{2}$	24. 5		

第 6 章　气动控制系统

气动控制系统是由电气信号处理部分和气动功率输出部分所组成的闭环控制系统。

气动比例、伺服控制系统与液压比例、伺服控制系统比较有如下特点：

1）能源产生和能量储存简单。

2）体积小、重量轻。

3）温度变化对气动比例、伺服机构的工作性能影响很小。

4）气动系统比较安全，不易发生火灾，并且不会造成环境污染。

5）由于气体的可压缩性，气动系统的响应速度低，在工作压力和负载大小相同时，液压系统的响应速度约为气动系统的 50 倍。同时，液压系统的刚度约为相当的气动系统的 400 倍。

6）由于气动系统没有泵控系统，只有阀控系统，阀控系统的效率较低。阀控液压系统和气动伺服系统的总效率分别为 60% 和 30% 左右。

7）由于气体的粘度很小，润滑性能不好。在同样加工精度情况下，气动部件的漏气和运动副之间的干摩擦相对较大，易出现爬行现象。

综合分析，气动控制系统适用于输出功率不大（气动控制系统的极限功率约为 4kW）、动态性能要求不高、工作环境比较恶劣的高温或低温、对防火有较高要求的场合。

1　气动控制系统设计计算

1.1　气动控制系统的设计步骤

气动控制系统是由电气信号处理部分和气压功率输出部分所组成的闭环控制系统。通常，气动控制系统的设计步骤为：

1）明确气动控制系统的设计要求。

2）确定控制方案，拟定控制系统原理图。

3）确定气压控制系统动力元件参数，选择反馈元件。

4）计算控制系统的动态参数，设计校正装置并选择元件。

1.2　气动伺服机构举例——波纹管滑阀式气动伺服系统分析

如图 23.6-1 所示，该伺服系统主要由波纹管、放大杠杆、控制滑阀、气缸及反馈机构等组成。供气压力为 0.5MPa，信号压力为 0.02～0.1MPa。

当进入波纹管 1 的控制信号压力增加时，波纹管

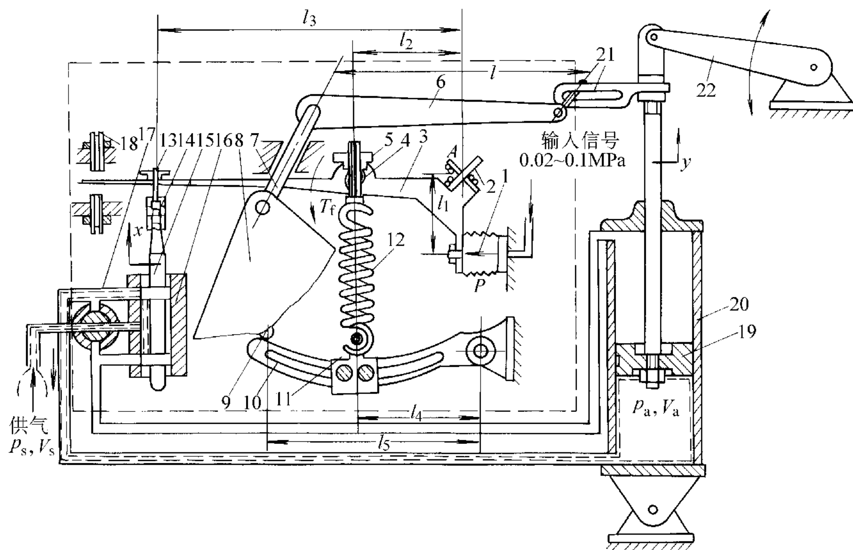


图 23.6-1　波纹管滑阀式气动伺服系统结构原理图

1—波纹管　2、3—杠杆　4—调节螺杆　5—背帽　6—摇臂　7—转轴　8—凸轮　9—滚轮　10—弧形杠杆　11—滑块　12—反馈弹簧　13—调节螺母　14—连接块　15—控制滑阀　16—控制阀体　17—气控信号　18—限位块　19—活塞　20—气缸筒　21—导槽　22—摇臂

1 的推力增加，推动杠杆 3，带动控制滑阀 15 向上移动，从而使气缸下腔压力增加，上腔压力降低，活塞 19 向上移动，带动摇臂 22 输出角位移。这时连在活塞杆上的导槽 21 也带动正弦机构的摇臂 6 转动，连在同一转轴 7 上的凸轮 8 转向凸轮向径增加的方向。通过滚轮 9 把弧形杠杆 10 推向下转，将反馈弹簧 12 拉伸，反馈弹簧 12 对放大杠杆 3 的拉力随之增加，当反馈弹簧 12 对放大杠杆 3 的拉力与波纹管 1 的推力所产生的力矩相互平衡时，放大杠杆 3 连同控制滑阀 15 又达到了力矩平衡状态，整个系统又重新达到了平衡，而此时活塞已上升到相应的高度，气缸两腔所产生的压差与外负载相平衡。当控制信号压力降低时，动作相反。

（1）建立系统的数学模型

波纹管组件的传递函数

$$W_1(s)=\frac{T_x(s)}{p_x(s)}=K_1 \qquad (23.6\text{-}1)$$

式中　$T_x(s)$——波纹管输出力矩的拉氏变换；

$p_x(s)$——波纹管输入压力信号的拉氏变换 $K_1=A_1l_1$；

A_1——波纹管受力面积；

l_1——波纹管中线与支点 A 的距离。

放大杠杆力矩的传递函数

$$W_2(s)=\frac{X(s)}{T_x(s)-T_f(s)}=\frac{l_3/C_fl_2^2}{\dfrac{J}{C_fl_2^2}s^2+\dfrac{B_Kl_3^2}{C_fl_2^2}s+1}=\frac{K_2}{\dfrac{s^2}{\omega_2^2}+\dfrac{2\zeta_2}{\omega_2}s+1} \qquad (23.6\text{-}2)$$

式中　$T_f(s)$——反馈弹簧的反馈力矩的拉氏变换；

$X(s)$——控制滑阀阀芯位移的拉氏变换；

J——放大杠杆的转动惯量（kg·m²）；

l_3——控制滑阀与支点 A 的距离（m）；

B_K——控制滑阀的粘性阻尼系数（N·s/m）；

C_f——反馈弹簧刚度（N/m）；

l_2——反馈弹簧与支点 A 的距离（m）；

$K_2=\dfrac{l_3}{C_fl_2^2}$——波纹管组件的增益；

$\omega_2=\sqrt{\dfrac{C_fl_2^2}{J}}$——波纹管组件的固有频率（rad/s）；

$\zeta_2=\dfrac{B_Kl_3^2}{2}\sqrt{\dfrac{1}{C_fl_2^2J}}$——波纹管组件的阻尼比。

阀控气缸的传递函数

$$W_3(s)=\frac{Y(s)}{X(s)}=\frac{K_3}{s\left(\dfrac{s^2}{\omega_3^2}+\dfrac{2\zeta_3}{\omega_3}s+1\right)} \qquad (23.6\text{-}3)$$

式中　K_3——阀控气缸的开环增益；

ω_3——阀控气缸的固有频率（rad/s）；

ζ_3——阀控气缸的阻尼比。

反馈机构的传递函数

$$W_4(s)=\frac{Y_f(s)}{Y(s)}=K_4 \qquad (23.6\text{-}4)$$

式中　$K_4=\dfrac{C_fl_2l_4}{l_5l}$——反馈机构的放大系数；

l_4——弹簧挂架与支点 B 的距离（m）；

l_5——弧形杠杆的有效长度（m）。

根据式（23.6-1）~式（23.6-4）可画出系统的方块图，如图 23.6-2 所示。

（2）系统稳定性分析

根据方块图可以求得系统的闭环传递函数

$$W(s)=\frac{K_1K_2K_3}{s\left(\dfrac{s^2}{\omega_2^2}+\dfrac{2\zeta_2}{\omega_2}s+1\right)\left(\dfrac{s^2}{\omega_3^2}+\dfrac{2\zeta_3}{\omega_3}s+1\right)}=\frac{K_1K_2K_3}{a_5s^5+a_4s^4+a_3s^3+a_2s^2+a_1s+a_0}$$

而闭环特征方程各项系数的数值经过计算如下

$$a_5=\frac{1}{\omega_2^2\omega_3^2}=6.1188\times10^{-9}$$

$$a_4=\frac{2\zeta_2}{\omega_2\omega_3^2}+\frac{2\zeta_3}{\omega_3\omega_2^2}=2.1522\times10^{-6}$$

$$a_3=\frac{1}{\omega_3^2}+\frac{4\zeta_2\zeta_3}{\omega_2\omega_3}+\frac{1}{\omega_2^2}=1.6912\times10^{-4}$$

$$a_2=\frac{2\zeta_2}{\omega_2}+\frac{2\zeta_3}{\omega_3}=0.0268$$

$$a_1=1$$

$$a_0=K_2K_3K_4=39.2914$$

用劳斯判据判定系统的稳定性，已知系统的特征方程式为

$6.1188\times10^{-9}s^5+2.1522\times10^{-6}s^4+1.6912\times10^{-4}s^3+0.0268s^2+s+39.2914=0$ 按劳斯判据计算得表 23.6-1。

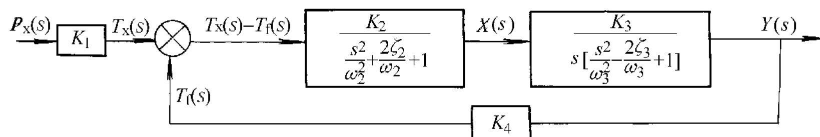


图 23.6-2　系统方块图

表 23.6-1　劳斯判据计算表

	6.1188×10^{-9}	1.6912×10^{-4}	1
	2.1522×10^{-6}	0.0268	39.2914
$r_0=2.8430\times10^{-3}$	$0.9293\times10^{-4}>0$	0.8883	0
$r_1=2.3159\times10^{-2}$	$0.00623>0$	39.2914	0
$r_2=0.01492$	$0.3021>0$	0	
$r_3=2.0622\times10^{-2}$	$39.2914>0$		

注：表中第一列各值都大于零，所以系统是稳定的，满足设计要求。

2　气动比例控制元件

2.1　SMC 系列气动比例控制元件

2.1.1　IP6000/IP6100 系列电-气比例定位器

1）技术规格（见表 23.6-2）。

2）外形尺寸（见图 23.6-3、图 23.6-4）。

表 23.6-2　IP6000/IP6100 系列电-气比例定位器技术规格

规格＼型号	IP6000		IP6100	
	杠杆式杠杆反馈		回转式凸轮反馈	
	单　动	双　动	单　动	双　动
输入电流信号	4～20mA(DC)(标准)①			
输入电阻	235±15Ω[4～20mA(DC)]			
供给气源压力	0.14～0.7MPa			
标准行程/mm	10～85(容许偏向角度 10°～30°)		60°～100°②	
敏感度	0.1%F.S. 以内	0.5%F.S. 以内		
线性度	±1%F.S. 以内	±2%F.S. 以内		
迟滞现象	0.75%F.S. 以内	1%F.S. 以内		
重复精度	±0.5%F.S. 以内			
温度特性	0.1%F.S/℃以内			
输出流量/L·min^{-1}	80(ANR)以上(供压=0.14MPa)			
耗气量/L·min^{-1}	5(ANR)以内(供压=0.14MPa)			
环境及流体温度/℃	−20～80(非防爆环境)			
	−20～70(耐压防爆环境 sd2G4)			
	−20～60(耐压防爆环境 ExsdⅡBT5)			
防爆构造	耐压防爆构造	sd2G4		
		ExsdⅡBT5		
接气口径螺纹	Rc(PT)1/4 内螺纹			
接电口径	G(PF)1/2 内螺纹			
接电方式	导管式，耐压密封式			
	合成树脂 G(PF)1/2 接头(非防爆构造)(任选项)			
材料	本体用压铸铝			

（续）

规格 \ 型号	IP6000		IP6100	
	杠杆式杠杆反馈		回转式凸轮反馈	
	单　动	双　动	单　动	双　动
重量/kg	带接线防爆端子箱约 2.6（无端子箱约 2.4）			

① 可作 1/2 分度（标准）。

② 可调行程：0～60°，0～100°。

注：型号意义：

IP6 □ - □□□ - □

型号

000	杠杆式杠杆反馈
100	回转式凸轮反馈

输入电流信号

0	4 ～ 20mADC（标准）
1	10 ～ 50mADC

压力计（供气孔，输出孔）

1	0.2MPa
2	0.3MPa
3	1.0MPa

接线构造

0	无端子箱（非防爆构造）
1	有端子箱（防爆构造 sd2G4，Exsd Ⅱ BT5）

配件①

无记号	标准配件	IP6000 附带标准行程 10 ～ 85mm 反应杠杆
A	先导阀为 ϕ0.7 通径带节流	IP6000，6100 配件② 用于小容量驱动器
B	先导阀为 ϕ1.0 通径带节流	
C	M 型反馈接臂	IP6100 配件
D	S 型反馈接臂	
E	35 ～ 100mm 阀行程反馈杠杆	IP6000 配件
F	50 ～ 140mm 阀行程反馈杠杆	
G	补偿弹簧（A）	IP6000，6100 用③

① 若选择两种以上配件，请依英文字母次序（例）IP6000-011-AG。

② “A”配件适用于 90cm³ 容积的驱动器；“B”配件适用于 180cm³ 容积的驱动器。

③ 只可以提供 A + G 或 B + G 组合。

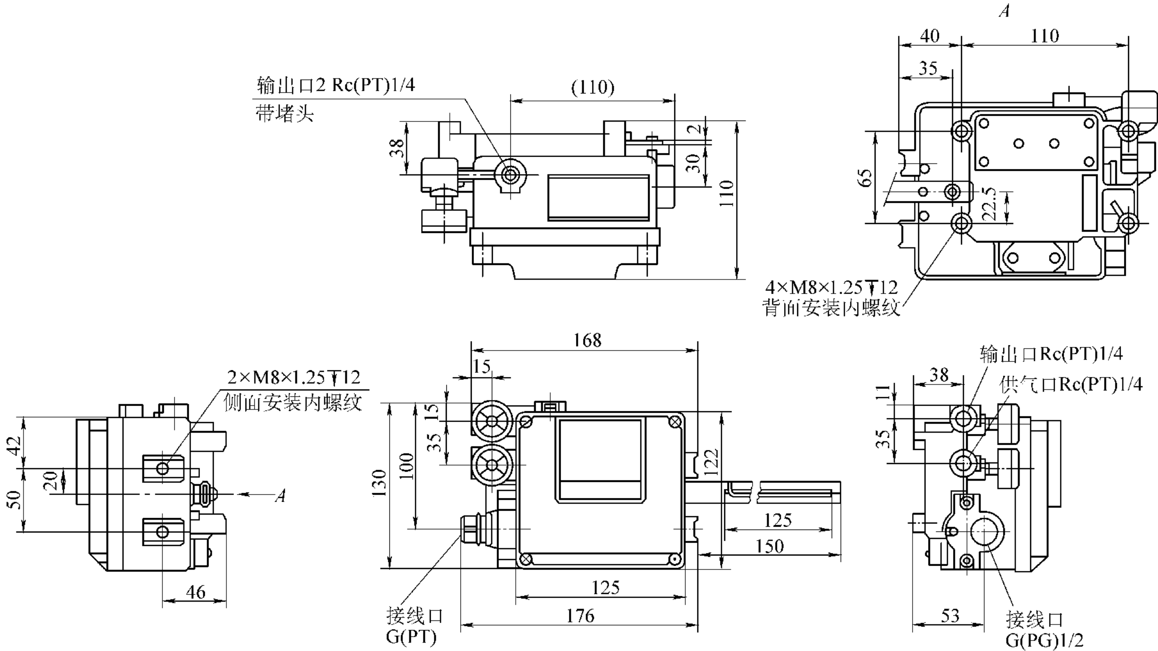


图 23.6-3　IP6000 型外形尺寸（无端子箱）

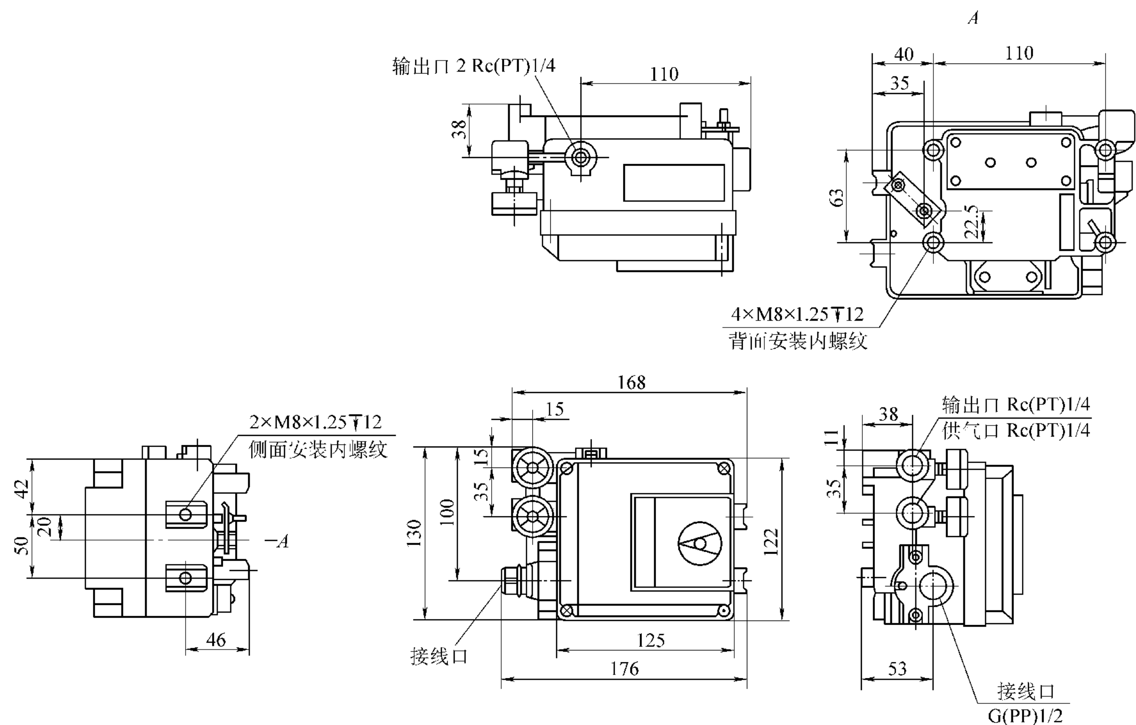


图 23.6-4　IP6100 型外形尺寸(无端子箱)

2.1.2　IT1000、2000、4000 系列电-气比例压力阀

1）技术规格(见表 23.6-3、表 23.6-4)。

表 23.6-3　IT1000、2000、4000 系列电-气比例压力阀技术规格

型　　号①	输出压力范围 /MPa	供应压力范围 /MPa	连接口径螺纹		
			输入，输出孔	排气孔	压力表孔
IT1001-□1	0.001～0.05	0.1～0.15	PT1/8	PT1/8	PT1/8
IT1011-□1	0.005～0.1	0.14～0.2			
IT2011-□2	0.005～0.1	0.14～0.2	PT1/4	PT1/4	PT1/8
IT2021-□2	0.005～0.35	0.4～0.6			
IT2031-□2	0.005～0.5	0.55～0.7			
IT2041-□2	0.005～0.7	0.75～0.9			
IT2051-□2	0.005～0.9	0.95～0.99			
IT4011-□4	0.005～0.1	0.14～0.2	PT1/2	PT1/2	PT1/8
IT4021-□4	0.005～0.35	0.4～0.6			
IT4031-□4	0.005～0.5	0.55～0.7			
IT4041-□4	0.005～0.7	0.75～0.9			
IT4051-□4	0.005～0.9	0.95～0.99			

① □代表输入信号型式：0 = 电流式 4～20mA；
1 = 电流式 0～20mA；
2 = 电压式 0～5V；
3 = 电压式 0～10V。

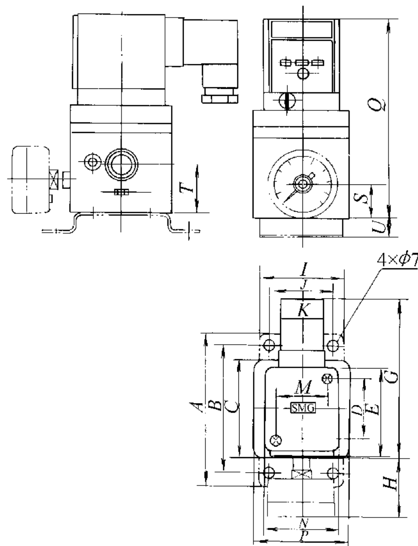
表 23.6-4　IT1000、2000、4000 系列电-气比例压力阀技术规格

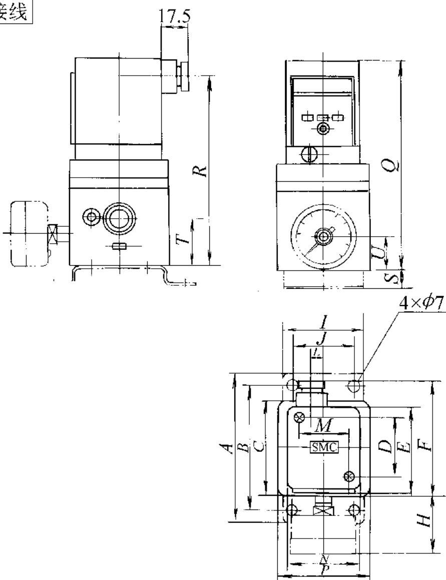
输入信号	电流式	2 线制：4～20mA(DC)，3 线制：0～20mA(DC)
	电压式	3 线制：0～5V(DC)，0～10V(DC)，最大电流消耗 2mA 或以下
电　源		3 线制：12V(DC)最大电流消耗 11mA 或以下
相等输入阻抗/Ω	4～20mA	500
输入阻抗	0～20mA	200Ω
	0～5，10V	30kΩ
线性度		±1%F. S. 以内
迟滞现象		0.5%F. S. 以内
重复精度		±0.5%F. S. 以内
温度特性		±0.12%F. S. 以内
环境及流体温度/℃		0～50
接线方式①		导管式(标准)

① 可选择 DIN 插座式(例)IT204 0-002—DIN 插座式接线；IT204 1-002—导管式接线。

2）外形尺寸(见表 23.6-5)。

表 23.6-5　IT1000、2000、4000 系列外形尺寸　　(mm)





型号＼记号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U
IT1000	100	84	56	40	58	75.5	104	—	52	40	28	8	32	47	47	80	76	10	10	12
IT2000	100	84	56	40	58	75.5	103.7	34	52	40	28	8	32	47	47	93	90	23	15.5	12
IT4000	100	84	64	40	58	75.5	104	37	52	40	28	8	32	47	60	130	126	22	32	12

2.1.3　VY1 系列电-气比例减压阀

1）工作原理。如图 23.6-5 所示，当输入电信号小于 1V(DC)时，电磁阀不操作，出气口 A 没有压力输出。当输入电信号 1～5V(DC)时，电磁阀操作。出气口 A 输出的压力由压力传感器反馈到控制线路板上。控制线路板会比较当时的电信号及反馈的信号。如果反馈信号低，电磁阀通电，出气口 A 压力增加；如果反馈信号高，电磁阀断电，出气口 A 压力降低。

2）技术规格(见表 23.6-6)。

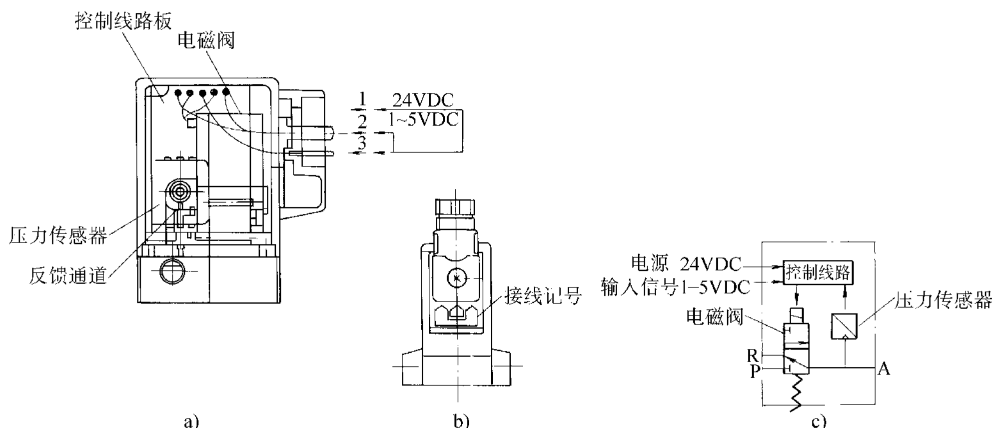


图 23.6-5　VY1 系列电-气比例减压阀工作原理图

表 23.6-6　VY1 系列电-气比例减压阀技术规格

型　号	内部先导式	VY1A00-M5	VY1100-01	VY1100-02	VY1300-03	VY1300-04	VY1500-06	VY1500-10	VY1700-10	VY1700-12	VY1900-14	VY1900-20
	外部先导式	VY1A01-M5	VY1101-01	VY1101-02	VY1301-03	VY1301-04	VY1501-06	VY1501-10	VY1701-10	VY1701-12	VY1901-14	VY1901-20
接管口径	接管口代号	M5	01	02	03	04	06	10	10	12	14	20
	P 孔	M5×0.8	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1	1¼	1½	2
	A 孔											
	R 孔								1¼		2	
有效断面积/mm²		5	16	25	60	70	160	180	300	330	590	670
									17	18	33	37
质量/kg		0.16	0.25	0.25	0.55	0.55	1.5	1.5	2	2	4	4
线性度(%)		2.5 满刻度以内					5 满刻度以内					
迟滞现象(%)		1 满刻度以内					2 满刻度以内					
重复精度(%)		±1 满刻度以内					±2 满刻度以内					
反应时间/ms		30										
应用流体		空气、惰性气体										
环境温度/℃		0～50										
最高使用压力/MPa		0.88										
调节压力范围/MPa		0.05～供应压力										
外先导式压力/MPa		供应压力≈0.88(只限 VY1□01)										
输入信号		1～5V(DC)，1mW 或以下										
电源		24V(DC)±10%，1.8W 或以下										
接线方式		DIN 插座式										
空气消耗量/L·min⁻¹		不操作时：0，操作时：最大 10										
润滑		不需要										

3）外形尺寸。各种规格 VY1 型电-气比例减压阀外形见图 23. 6-6 ~ 图 23. 6-11。

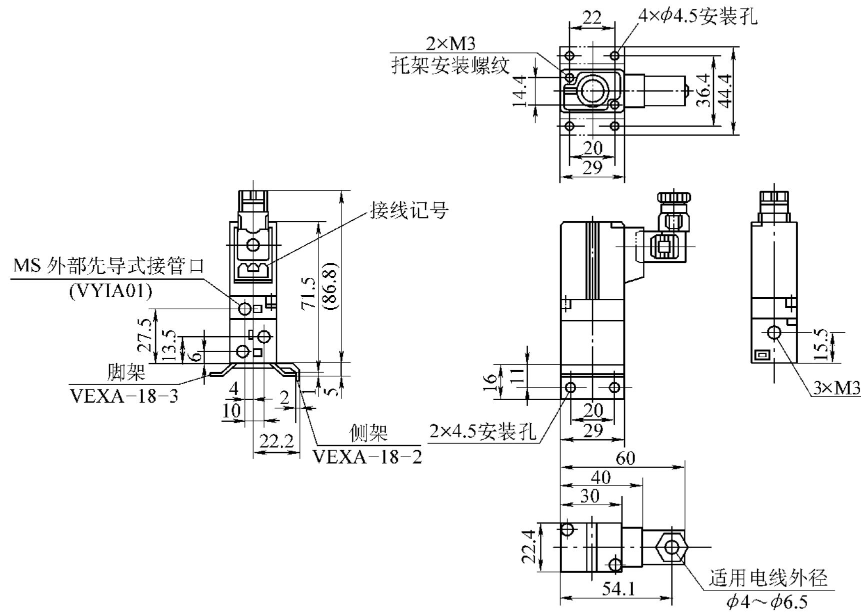


图 23. 6-6　VY1A0$^{0}_{1}$-M5 型外形尺寸

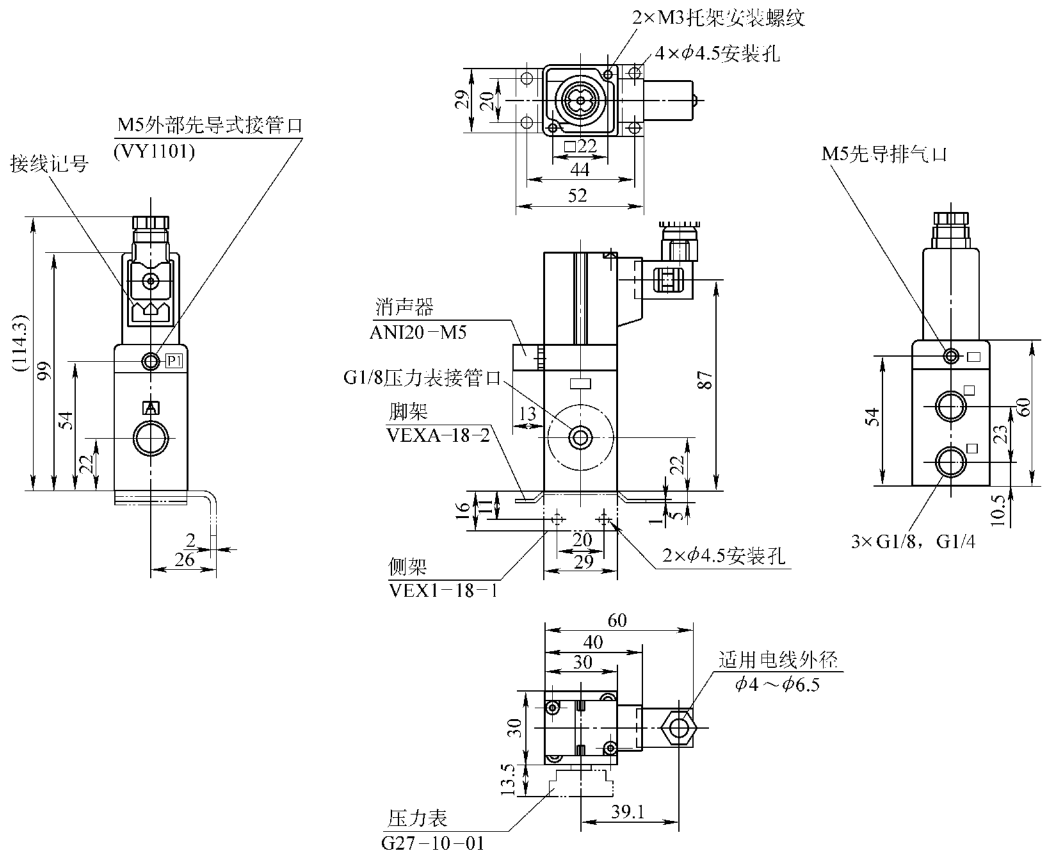


图 23. 6-7　VY110$^{0}_{1}$-$^{01}_{02}$型外形尺寸

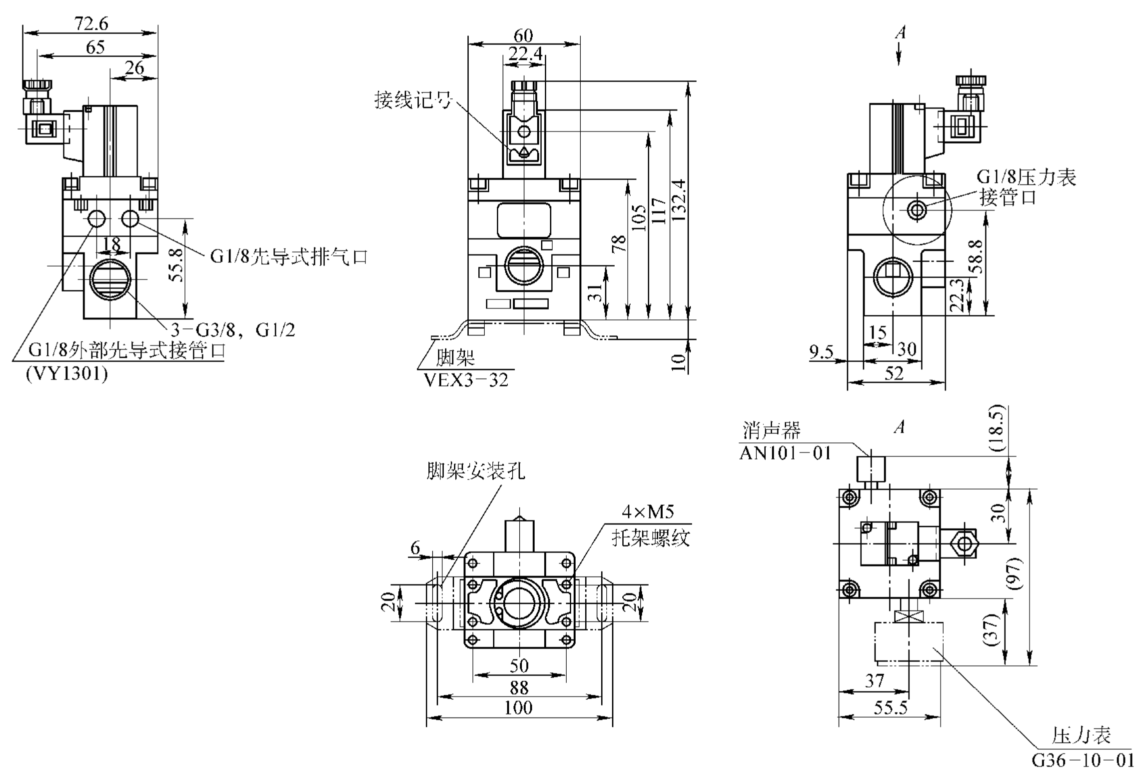


图 23. 6-8　$VY130_{1}^{0}$-$_{04}^{03}$型外形尺寸

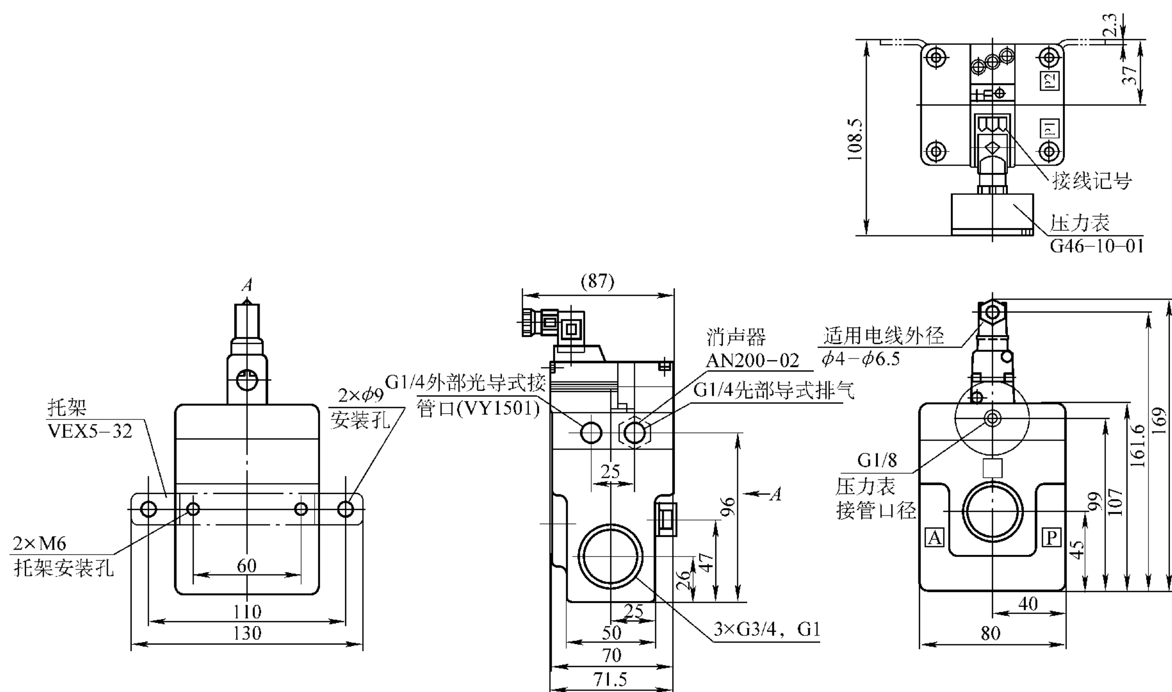


图 23. 6-9　$VY150_{1}^{0}$-$_{10}^{06}$型外形尺寸

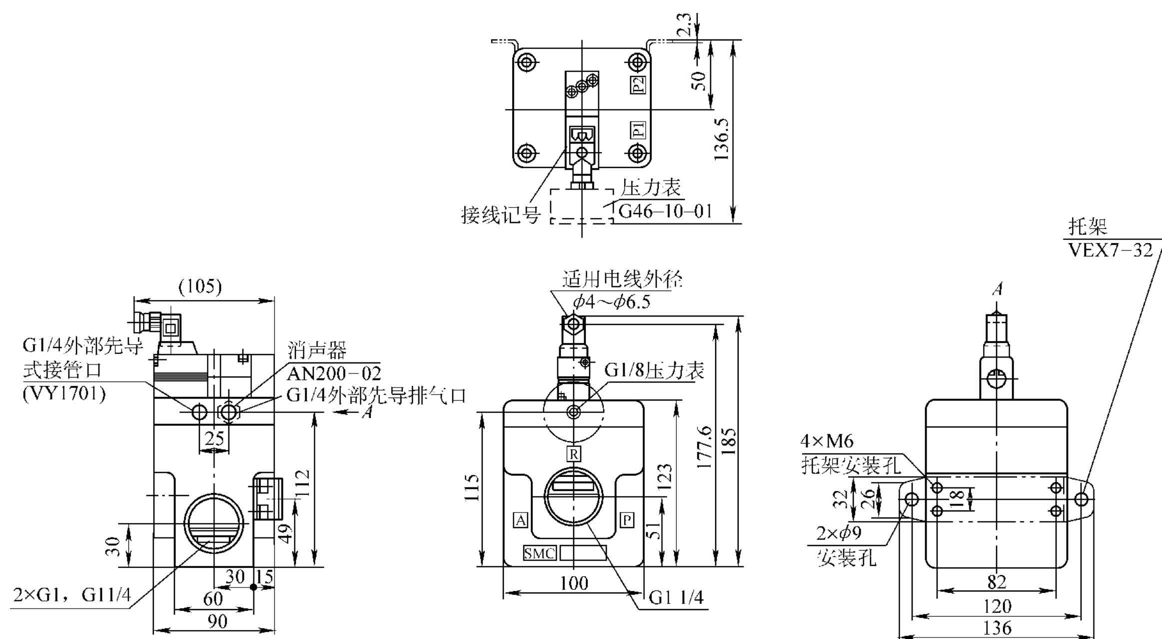


图 23. 6-10 VY170$^{0}_{1}$-$^{10}_{12}$型外形尺寸

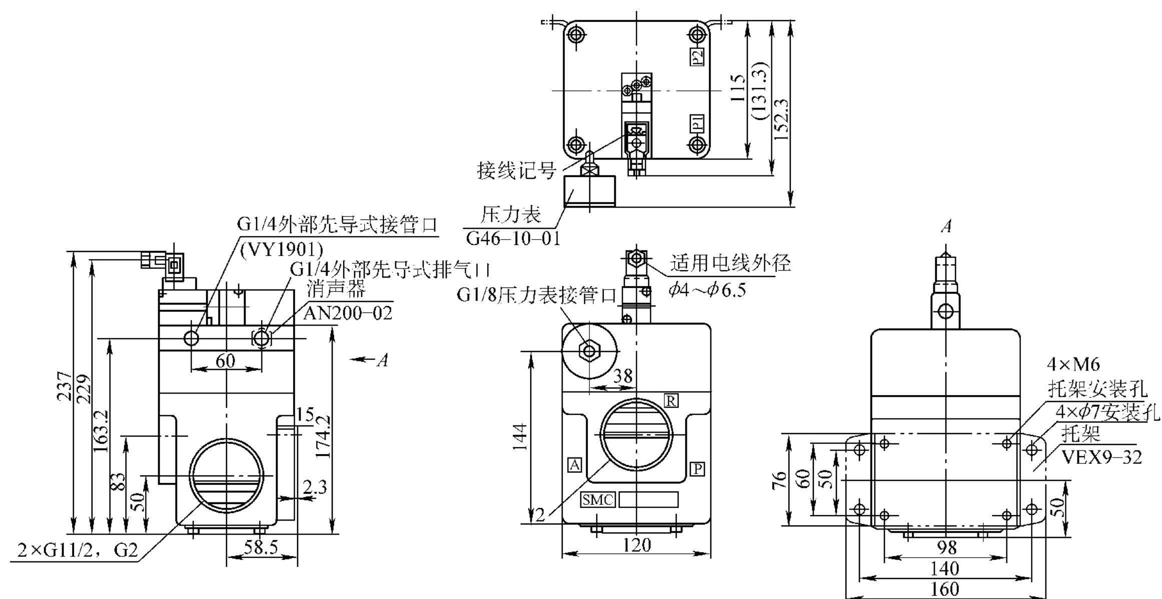


图 23. 6-11 VY1$^{0}_{1}$-$^{14}_{20}$型外形尺寸

2.2　FESTO 系列气动比例控制元件

2.2.1　MPPE 系列气动比例减压阀

1）技术规格（见表 23.6-7）。

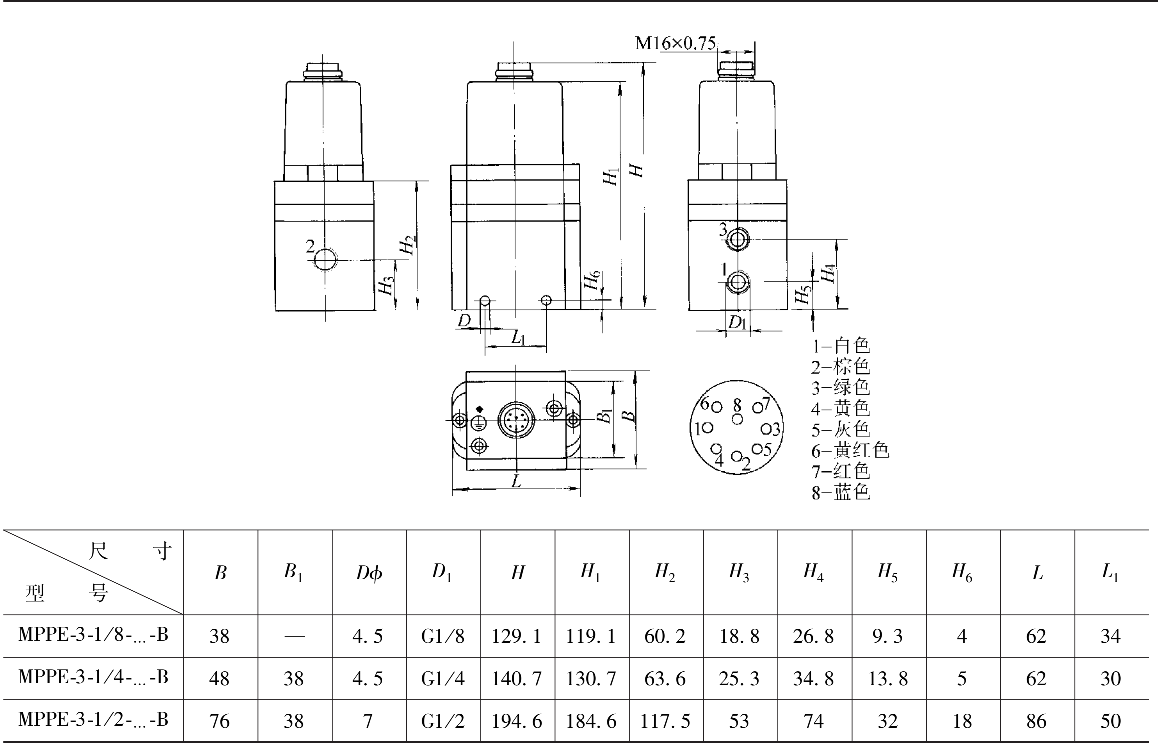
表 23.6-7　MPPE 系列气动比例减压阀技术规格

项目				
订货号 代号/型号		161 160 MPPE-3-1/8-1-010B*	161 161 MPPE-3-1/8-6-010B	161 162 MPPE-3-1/8-10-010B
		161 163 MPPE-3-1/8-1-420B**	161 164 MPPE-3-1/8-6-420B	161 165 MPPE-3-1/8-10-420B
		161 166 MPPE-3-1/4-1-010B	161 167 MPPE-3-1/4-6-010B	161 168 MPPE-3-1/4-10-010B
		161 169 MPPE-3-1/4-1-420B	161 170 MPPE-3-1/4-6-420B	161 171 MPPE-3-1/4-10-420B
		161 172 MPPE-3-1/2-1-010B	161 173 MPPE-3-1/2-6-010B	161 174 MPPE-3-1/2-10-010B
		161 175 MPPE-3-1/2-1-420B	161 176 MPPE-3-1/2-6-420B	161 177 MPPE-3-1/2-10-420B
工作介质		过滤压缩空气，精度 40μm，润滑或未润滑		
结构特点		两位两通阀先导控制		
安装方式		壳体上两个通孔		
连接尺寸	气动	G1/8，G1/4，G1/2		
	电气	8 针插头，符合 DIN45326 标准		
最大输入压力/MPa		0.2	0.8	1.2
输出压力范围/MPa		0～0.1	0～0.6	0～1.0
迟滞/kPa		3.0	4.0	5.0
标准额定流量/L·min⁻¹ （标准状态）		2200	8000	10000
电源电压/V		24（DC）±25%		
电压脉动		直流元件的 10%，符合 DIN41755 标准		
功耗		最大 3.6W		
设定点输入值	电压/V	$U_{set}=0\sim10$（DC）		
	电流/mA	$I_{set}=4\sim20$		
外部实际输入值	电压/V	$U_{ext}=0\sim10$（DC）		
	电流/mA	$I_{ext}=4\sim20$		
实际输入值	电压/V	$U_{act}=0\sim10$（DC）		
	电流/mA	$I_{act}=4\sim20$		
防护等级		IP65		
通电持续率（%）		100		
介质温度/℃		0～60		
环境温度/℃		0～50		
材料		阀体：铝合金		
质量/kg		G1/8：0.650；G1/4：0.800；G1/2：1.900		

注：带*的为电流型；带**的为电压型。

2）外形尺寸(见表23.6-8)。

表23.6-8 MPPE系列气动比例减压阀外形尺寸 (mm)



尺寸 型号	B	B_1	$D\phi$	D_1	H	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	L	L_1
MPPE-3-1/8-…-B	38	—	4.5	G1/8	129.1	119.1	60.2	18.8	26.8	9.3	4	62	34
MPPE-3-1/4-…-B	48	38	4.5	G1/4	140.7	130.7	63.6	25.3	34.8	13.8	5	62	30
MPPE-3-1/2-…-B	76	38	7	G1/2	194.6	184.6	117.5	53	74	32	18	86	50

2.2.2 MPYE系列气动比例方向控制阀

这种直动式比例方向控制阀(见图23.6-12)可控制其阀芯的位移。比例方向控制阀把输入的模拟电信号(电流或电压)转变成阀的相应开口面积。

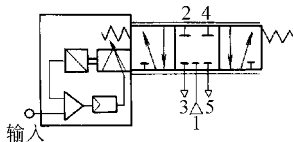


图23.6-12 MPYE系列气动比例方向控制阀符号图

比例方向控制阀可以无级调节气缸的活塞速度。

比例方向控制阀可与一个外部的位置控制器(例如:SPC100型)和位移传感器相连构成一个精确的气动定位系统。

这种比例方向阀可以组成闭环控制系统，如图23.6-13所示。

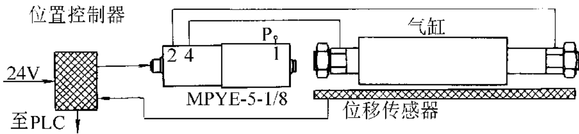


图23.6-13 MPYE系列气动比例方向控制阀在闭环控制系统中的应用

1）技术规格(见表23.6-9)。

表23.6-9 MPYE系列气动比例方向控制阀技术规格

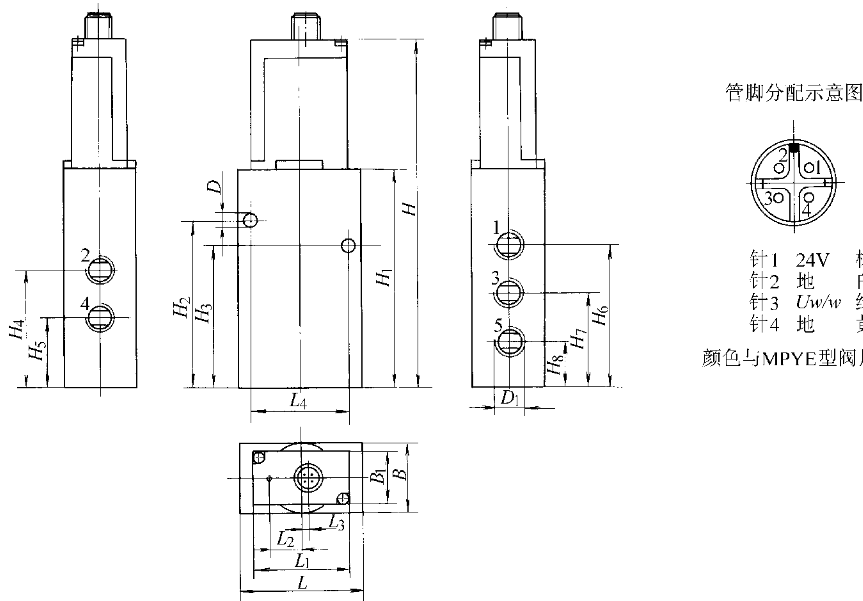
订货号代号/型号						
订货号代号/型号	电压型	154 200 MPYE-5-M5-010B	151 692 MPYE-5-1/8 LF-010B	151 693 MPYE-5-1/8 HF-010B	151 694 MPYE-5-1/4 -010B	151 695 MPYE-5-3/8 -010B
订货号代号/型号	电流型	162 959 MPYE-5-M5-420B	161 978 MPYE-5-1/8 LF-420B	161 979 MPYE-5-1/8 HF-420B	161 980 MPYE-5-1/4 -420B	161 981 MPYE-5-3/8 -420B
工作介质		过滤压缩空气，精度5μm，无润滑				
结构特点		直动式滑阀，内带阀芯位移控制				
安装方式		阀体上的通孔				

（续）

安装位置		任何位置，除在元件加速方向外(此时,安装在与运动方向垂直的位置)				
连接尺寸	气动	M5	G1/8	G1/8	G1/4	G3/8
	电气	插座，型号 SIE-GD，SIE-WD-TR				
公称通径/mm		2	4	6	8	10
流量 ±10%/L·min⁻¹		100	350	700	1400	2000
许用输入压力/MPa		最大 1.0				
工作电压/V		24(DC) ±25%				
功耗/W		中位时 2，最大 20				
通电持续率(%)		100				
电压脉动(%)		直流元件的 5，符合 DIN41755 标准				
设定点输入值	电压/V	0～10(DC)，中位 5(电压型,型号 MPYE-5-...010B)				
	电流/mA	4～20，中位 12(电流型,型号 MPYE-5-...420B)				
输入电流(设定值)/μA		10V 时 80，5V 时 0，0V 时 80(电压型)				
输入阻抗(设定值)/Ω		300(电流型)				
最大频率(在阀芯最大开口度的 20% ~ 80%内)/Hz		155	120	120	115	80
响应时间/ms		3.0	4.2	4.2	4.8	5.2
迟滞(%)		最大 0.3，与最大阀芯行程有关				
介质温度/℃		5～40，无冷凝水				
环境温度/℃		0～50				
材料		阀体：阳极氧化铝合金；电气部分壳体：镀锌 ABS				
防护等级		IP65				
重量/kg		0.290	0.330	0.330	0.530	0.740

2）外形尺寸(见表 23.6-10)。

表 23.6-10　MPYE 系列气动比例方向控制阀外形尺寸　（mm）



（续）

型号＼尺寸	B	B_1	$D\phi$	D_1	H	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	L	L_1	L_2	L_3	L_4
MPYE-5-M5-...-B	26	—	5.5	M5	129.3	69	56.1	38.1	32.1	20.1	38.1	26.1	14.1	45	—	14.8	3.2	32
MPYE-5-1/8-...-B	26	—	5.5	G1/8	148.3	88.4	71.3	55.3	45.8	26.8	55.3	36.3	17.3	45	—	14.8	3.2	35
MPYE-5-1/4-...-B	34	26	6.5	G1/4	164.1	103.7	79.6	68.1	56.6	33.6	68.1	45.1	22.1	58	45	14.8	3.2	46
MPYE-5-3/8-...-B	40	26	6.5	G3/8	176.1	115.7	98.4	79.4	65.4	37.4	82.4	51.4	20.4	67	45	14.8	3.2	54

2.3 气动伺服控制元件

2.3.1 气动伺服阀的结构原理

气压伺服阀与液压伺服阀在原理上是基本相同的。图23.6-14所示是一种力反馈电-气伺服阀的结构图，其前置级为喷嘴挡板阀，功率级为滑阀。

由于气压喷嘴挡板阀的固有频率低，气压伺服阀易产生振荡，因此有必要对气压伺服阀进行某些特性补偿。图23.6-14中，滑阀两端通过固定节流孔加设的阻尼气室，是为了对滑阀振动给予阻尼。在这种伺服阀中，除了用阻尼气室进行补偿以外，还在滑阀两端装入特性补偿用的弱弹簧，这种弹簧补偿的办法是相当有效的，气压伺服阀的频宽约为200Hz。

2.3.2 气动伺服定位气缸

该伺服气缸是一种新型气控定位气缸，它能把输入的气压信号成比例地转换为活塞杆机械位移，是以改变控制压力来操纵活塞杆行程的原理来达到定位的作用，具有任意位置停止、运动平稳、无冲击、重复定位精度高、操作简便等特点。广泛用于自动调节系统中，组成具有响应快、精度高的定位机构。

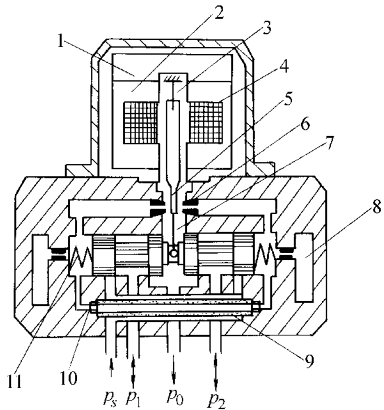


图23.6-14 力反馈电-气伺服阀结构图
1—永久磁铁 2—导磁体
3—支撑弹簧 4—线圈 5—挡板
6—喷嘴 7—反馈弹簧杆
8—阻尼气室 9—滤气器
10—固定节流孔 11—补偿弹簧

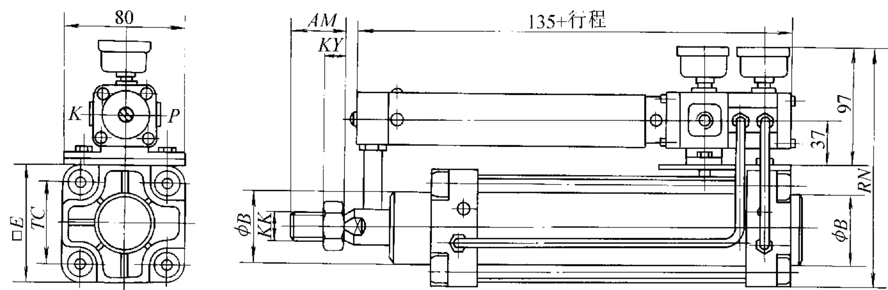
1）技术规格（见表23.6-11）。

表23.6-11 SFB63型气动伺服定位气缸技术规格

缸径/mm	63
工作介质	经过干燥净化的压缩空气（过滤精度5μm以下）
环境温度/℃	5～60
工作压力/MPa	0.3～0.7
指令压力/MPa	0.02～0.1
行程 s/mm	25～300
重复定位精度/mm	全行程±1%
生产厂	烟台未来自动装备有限责任公司

2）外形尺寸（见表23.6-12）。

表 23.6-12　SFB63 型气动伺服定位气缸外形尺寸　（mm）



缸径	*AM*	*B*	*E*	*KK*	*KY*	*P*（工作气口）	*K*（指令气口）	*TC*	*RN*
63	32	40	78	M16 ×1.5	10	G1/4	G1/4	57	185

注：生产厂：烟台未来自动装备有限责任公司。

第 7 章　气动真空元件

1　气动真空系统

1.1　真空系统概述

真空元件在气动技术中应用越来越多，技术更新速度也越来越快，已成为气动技术中十分重要的一个分支。有些气动制造厂商专门把它列为真空技术，也有些气动制造厂商把它列为模块化机械手范畴。

真空系统一般由真空产生装置(真空发生器、真空泵)、吸盘(执行元件)、真空阀(控制方式有手动、机控、气控及电磁等)及辅助元件(如管件接头、过滤器和消声器等)组成。有些元件在正压系统和负压系统中能够通用管件接头、过滤器和消声器等以及部分控制元件。

真空度及其分类见表 23. 7-1。

表 23. 7-1　真空度及其分类

<table>
<tr><td>真空度</td><td colspan="3">将低于当地大气压力的压力称为真空度。在工程计算中，为简化常取当地大气压 $p_a = 0.1\text{MPa}$。以此为基准，将绝对压力、表压力及真空度表示如图 a 所示。低真空时，有时用真空度百分数表示，即
$(p_a - p)/p_a \times 100\%$
国标压力单位是帕斯卡(Pa)：$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$</td><td>表压力
当地大气压 p_a
真空度
绝对压力
绝对压力
绝对真空 $p=0$
a)
a）压力表示</td></tr>
<tr><td rowspan="6">真空度分类</td><td>分类</td><td>压力范围
(绝对压力)/Pa</td><td>应　　用</td><td rowspan="6">p/Pa
GV 低真空
FV 中等真空
HV 高真空
UHV 超高真空
10^5　10^2　10^{-1}　10^{-5}　10^{-8}　10^{-11}　10^{-14}
0　−0.9　−0.999　−1.0
抓取的范围：这个真空范围用于抓取技术
b)
b）真空范围</td></tr>
<tr><td>低真空</td><td>大气压力
$10^2 \sim 10^5$</td><td>应用于工业的抓取技术在实际应用中，真空水平通常以百分比的方式来表示，即真空度被表示为与其环境压力的比例</td></tr>
<tr><td>中等真空</td><td>$10^{-1} \sim 10^2$</td><td>物料的干燥以及食品的冷冻干燥等</td></tr>
<tr><td>高真空</td><td>$10^{-5} \sim 10^{-1}$</td><td>金属的熔炼或退火，电子管的生产</td></tr>
<tr><td>超高真空</td><td>$10^{-14} \sim 10^{-5}$</td><td>金属的喷射，真空镀金属(外层镀金属)以及电子束熔化</td></tr>
<tr><td colspan="3">真空范围从技术角度讲已经可以达到 10^{-14}Pa 的数量级，但在实际应用中一般将其分为较小的范围。图 b 所示的真空范围是按照物理特点和技术要求来划分的</td></tr>
</table>

1.2　典型气动真空系统

1.2.1　真空抓取系统

由真空泵产生真空的回路，见图 23.7-1。

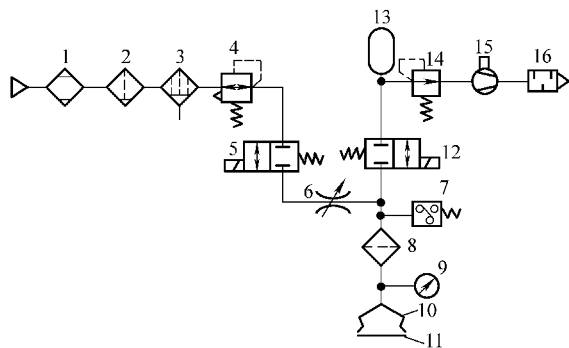


图 23.7-1　由真空泵产生真空的回路

冷冻式干燥机　2—过滤器　3—油雾分离器　4—溢流减压阀
真空换向阀　6—节流阀　7—真空压力开关　8—真空过滤器
9—真空表　10—吸盘　11—被吸吊物　12—真空切换阀
13—真空罐　14—真空减压阀　15—真空泵　16—消声器

由真空发生器产生真空的回路，见图 23.7-2。用真空发生器产生的真空回路，往往是正压系统的一部分，同时组成一个完整的真空系统。

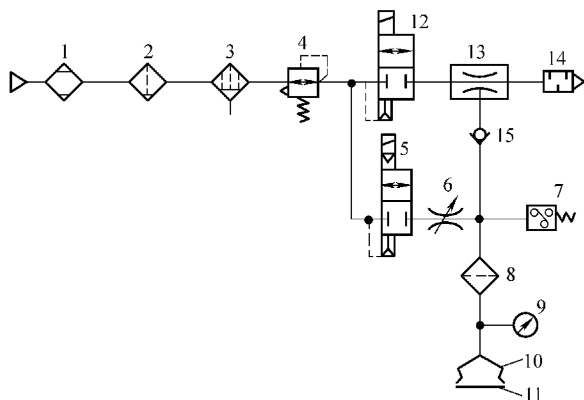


图 23.7-2　由真空发生器产生真空的回路

1—冷冻式干燥机　2—过滤器　3—油雾分离器
4—溢流减压阀　5—真空换向阀　6—节流阀
7—真空压力开关　8—真空过滤器　9—真空表
10—吸盘　11—被吸吊物　12—供给阀　13—真空发生器
14—消声器　15—单向阀

真空系统作为实现自动化的一种手段，已在电子、半导体元件组装、汽车组装、自动搬运机械、轻工机械、医疗机械、印刷机械、塑料制品机械、包装机械、锻压机械、机器人等许多方面得到广泛的应用。如真空包装机械中，包装纸的吸附、送标、贴标，包装袋的开启；电视机的显像管、电子枪的加工、运输、装配及电视机的组装；印刷机械中的双张、折面的检测，印刷纸张的运输；玻璃的搬运和装箱；机器人抓起重物，搬运和装配；真空成型、真空卡盘等。总之，对任何具有较光滑表面的物体，特别对于非金属且不适合夹紧的物体，如薄的柔软的纸张、塑料膜、铝箔、易碎的玻璃及其制品、集成电路等微型精密零件，都可以使用真空吸附，完成各种作业。

1.2.2　真空输送系统

真空输送是一种移动物料的简单方法，适合于粉末、颗料或液体物品。利用真空泵或风机为动力源，使系统内部成真空，物料在悬浮状态下在管道中移动，通过分离器使工作气体和物料分开，这就是真空输送。

2　真空产生装置

2.1　真空发生器及原理

(1) 真空发生器

真空发生器是利用压缩空气的气流产生一定真空度的气动元件。其典型的真空发生器的结构原理及其图形符号如图 23.7-3 所示，有供气口、排气口和真空口。当供气口的供气压力高于一定值后，喷管射出超声速成射流。由于气体高速射流卷吸走负腔内的气体，使该腔形成很高的真空度。在真空口处接上配管和真空吸盘，靠真空压力便可吸起吸吊物。

(2) 往复式真空泵

往复式真空泵(见图 23.7-4)又名活塞式真空泵，属于低真空获得设备之一。利用泵腔内活塞的往复运动，将气体吸入、压缩并排出。往复式真空泵的用途广泛，主要用在石油、化工、医药、食品、轻工、冶金、电气、宇航模拟等领域。

(3) 旋片式真空泵

旋片式真空泵是一种变容式气体传输真空泵，为真空技术中基本的真空获得设备之一。其工作压力范围为 $10^5 \sim 1.33 \times 10^{-2}$ Pa，属于低真空泵。旋片式真空泵利用泵腔内活塞的旋转运动，将气体吸入、压缩并排出。

(4) 动量传输式真空泵

动量传输式真空泵是利用高速旋转的叶片或高速射流，把动量传输给被抽气体或气体分子，使气体连续不断地从入口传输到出口。

(5) 气体捕集泵

这种真空泵是将被抽空间的气体冷凝、捕集、吸

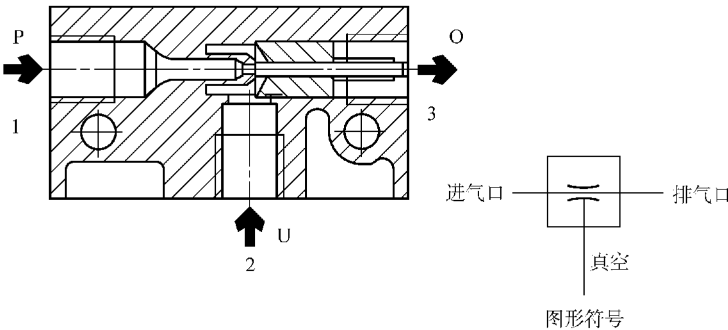


图23.7-3　真空发生器
1—进气口/气流喷嘴　2—真空/吸盘连接口　3—排气口/接收器喷嘴

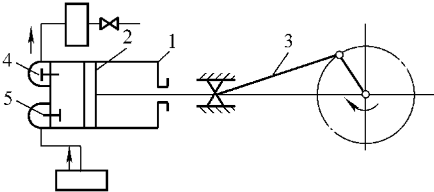


图23.7-4　单作用往复式真空泵
1—气缸　2—活塞　3—曲柄连杆机构
4—排气阀　5—吸气阀

附或冷凝+吸附，使被抽空间的压力大大降低，从而获得并维持真空状态的抽气装置。真空产生装置对比见表23.7-2。

2.2　真空发生器的技术特性

真空发生器的主要技术参数为在某一工作压力时所产生的真空，如图23.7-5所示。

真空发生器的重要参数为低压力时真空喷射器的效率。

表23.7-2　真空产生装置对比表

	项　　目	真空发生器	真　空　泵
真空发生器和真空泵的特性比较	真空度/kPa	可达-88	可达-101.3
	吸入流量/L·min⁻¹	300	20000
	结构	简单	复杂
	寿命	无可动部件，无需维修，寿命长	有可动部件，需要定期维修
	消耗功率	小(尤其对省气式组合发生器)	较大
	安装	方便	不便
	与配套件的组合	容易(如气管短、细)	困难(如气管壁厚、长)
	真空的产生及消除	快	慢
	真空压力的脉动	无脉动，不需要真空管	有脉动，需要真空管
	产生真空的成本比	1	27
	应用场合	需要气源，宜从事流量不大的间歇工作，适合分散及集中点使用 适用于工业机器人、自动流水线、抓取放置系统、印刷、包装、传输等领域	适合连续的、大流量工作，不宜频繁启停，也不宜分散点使用 适用于抓取透气性较好、重量较轻的物件，如沙袋、纸板箱、刨花板(送气式动力真空泵)

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{t_E Q}{60V}}$$

式中　t_E——抽空时间(s)；

Q——耗气量($L \cdot min^{-1}$)；

V——抽空容积(标准容积)(L)。

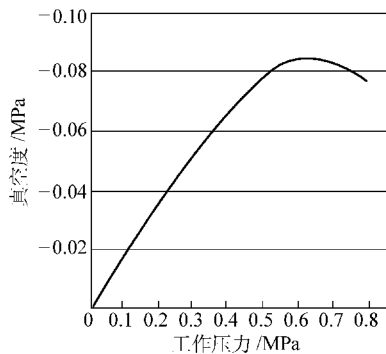


图 23.7-5　真空发生器的真空度与工作压力关系

衡量真空发生器性能的另一个重要指标，是看它在吸取一个不泄漏材料且达到一定的真空度时所需的时间多少。这一参数值就是真空发生器的抽空时间。在容积一定的情况下，抽空时间和真空压力的关系曲线是按比例上升的。也就是，当真空水平被抽得越高时，真空发生器的抽气能力将变得越弱，同时达到更高真空度所需的时间也越长(见图 23.7-6)。

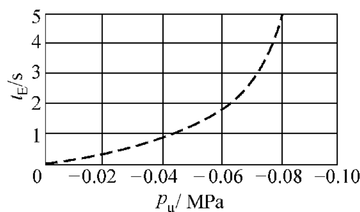


图 23.7-6　抽空时间 t_E 与真空度 p_u 的关系

2.3　真空发生器的选择步骤

1）确定系统总的容积(需要抽成真空的容积)。必须先确定吸盘、吸盘支座以及气管的容积 V_1、V_2 和 V_3，然后相加后算出总的容积

$$V_{总} = V_1 + V_2 + V_3$$

2）一次工作循环可以被分为若干个单独的时间间隔，因此需要分别进行测量或计算。将单个所需时间相加便得到了总的循环时间(见图 23.7-7)。

确定循环时间

$$t_{循环时间} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

式中　t_1——真空发生时间；

t_2——工件吸着时间；

t_3——搬运时间；

t_4——真空破坏时间。

3）核查运作的经济性。确定每次工作循环的耗气量 Q，可以在相应真空发生器的样本找到其数据(确定每个循环的耗气量、每小时的工作循环次数、确定每小时的耗气量及每年的能源费用)。

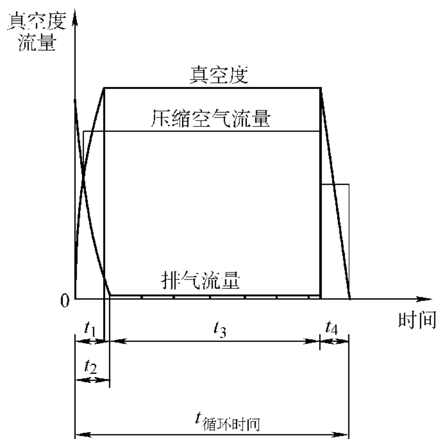


图 23.7-7　真空吸着过程示意图

4）将附加的功能/元件以及设计要求考虑在内。系统在性能、功能以及工作环境等方面的特定要求也必须在元件选型时加以考虑，如可靠性等。

2.4　真空发生器的典型产品

2.4.1　ZHF-Ⅱ系列真空发生器

1）工作原理。真空发生器结构原理见表23.7-4。真空发生器是一种粗真空发生装置。它利用压缩空气经喷嘴处喷射，因射流的卷吸作用，在吸气口(真空口)处产生真空的原理制成。

2）技术规格(见表 23.7-3)。

表 23.7-3　ZHF-Ⅱ系列真空发生器技术规格

规格＼型号	ZHF-Ⅱ0.5	ZHF-Ⅱ0.7	ZHF-Ⅱ1.0	ZHF-Ⅱ1.3
喷嘴直径/mm	0.5	0.7	1.0	1.3
接管螺纹	G1/8	G1/8	G1/4	G1/4
工作介质	洁净、干燥的压缩空气			
环境及介质温度/℃	5~60			
输入压力/MPa	0.25~0.63			
最低绝对压力/MPa	0.025			
耗气量/L·min^{-1}(输入压力 0.4MPa 时)	10	20	34	68
最大吸入流量/L·min^{-1}	5	12	24	68
给油情况	不允许			

注：型号意义：

ZHF　Ⅱ - □

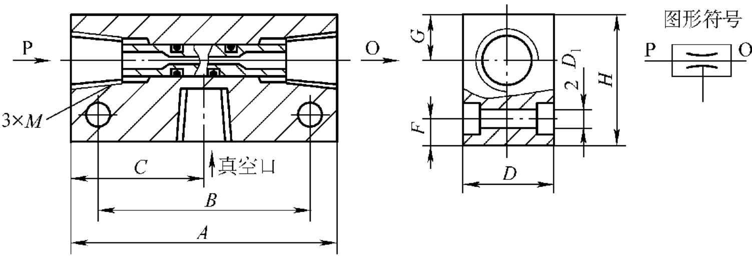
真空发生器——ZHF

金属整体式——Ⅱ

□——规格：0.5，0.7，1.0，1.3 喷嘴直径分别为0.5mm、0.7mm、1.0mm、1.3mm

3）外形尺寸(见表 23.7-4)。

表 23.7-4 ZHF-Ⅱ系列真空发生器外形尺寸 (mm)



	M	A	B	C	D	F	G	H	D_1
05ZHF-Ⅱ-07	G1/8	50	40	25	15	5	8	24	Φ4.2
10ZHF-Ⅱ-13	G1/4	60	50	25	18	5	10	28	Φ4.2

2.4.2 ZKF 系列真空发生器

1）工作原理与表 23.7-4 真空发生器原理相同。

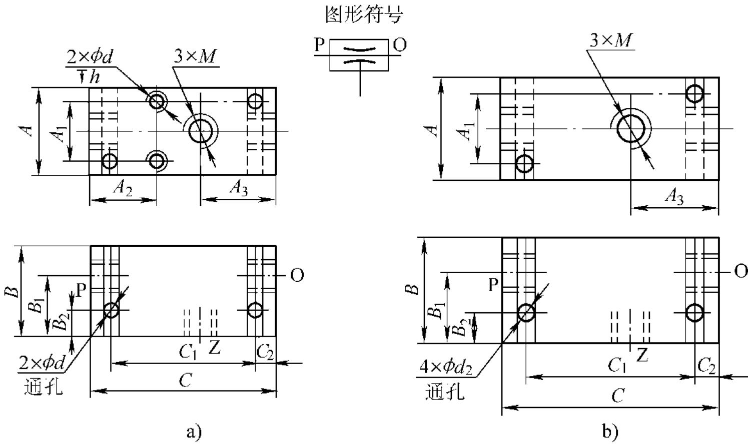
2）技术规格(见表 23.7-5)。

表 23.7-5 ZKF 系列真空发生器技术规格

型　号	ZKF08	ZKF10	ZKF15
喷嘴直径/mm	0.8	1.0	1.5
工作介质	洁净、干燥的压缩空气		
环境、介质温度/℃	5~60		
使用压力范围/MPa	0.2~0.8		
最低绝对压力/MPa	0.025		
耗气量/L·min^{-1}(输入压力 0.4MPa)	26	40	100
最高吸入流量/L·min^{-1}(输入压力 0.4MPa)	17	27	68

3）外形尺寸(见表 23.7-6)。

表 23.7-6 ZKF 系列真空发生器外形尺寸 (mm)



a) ZKF08 b) ZKF10、15

型号	M	d_1	h	A	A_1	A_2	A_3	B	B_1	B_2	d_2	C	C_1	C_2
ZKF08	M10×1(G1/8)	M5-6H	8	18	10	15	19	25	17	8	4.5	46	34	6
ZKF10	M12×1.25(G1/4)	—	—	30	21	—	25	30	20	9	5.5	62	48	7
ZKF15	M16×1.5(G3/8)	—	—	36	26	—	30	40	26	10	6.2	70	54	8

2.4.3　FESTO的VADM/VADMI真空发生器

1）技术规格(见表23.7-7)。

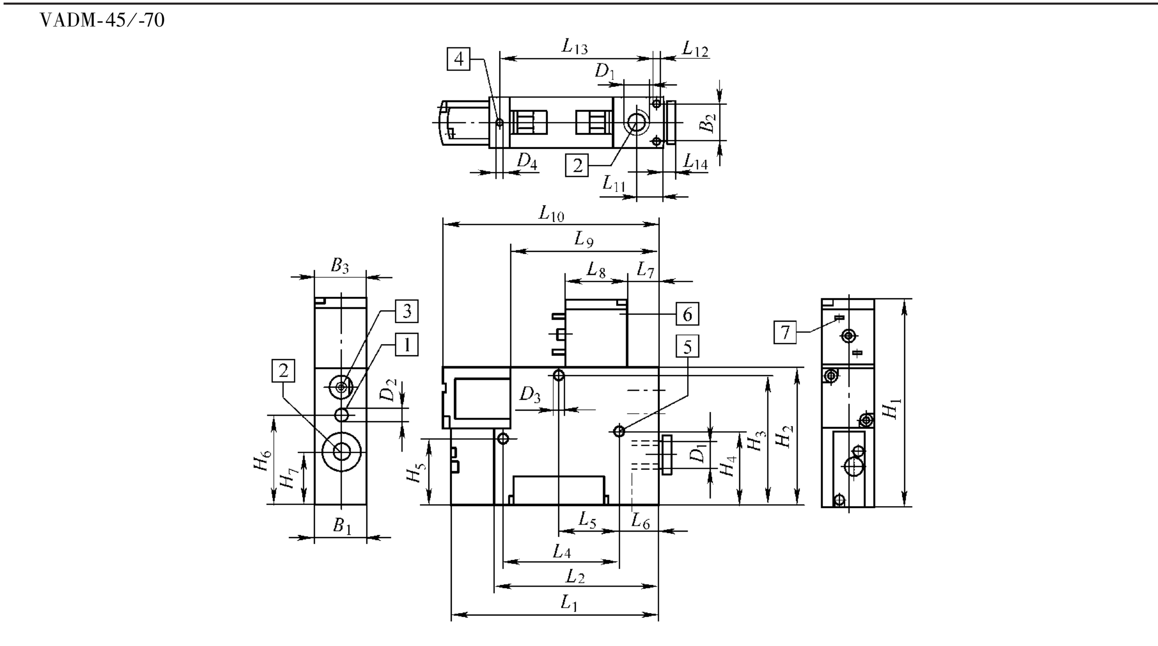
表23.7-7　VADM/VADMI真空发生器技术规格

公称通径/mm		45	70	95	140	200	300
结构特点		扁平方块状					
工作介质		压缩空气，未润滑，过滤等级40μm					
安装位置		任意					
喷射器特性		高真空					
安装方式		通过内螺纹或安装通孔					
气接口1/2		M5/M5	M5/G1/8	G1/8/G1/8	G1/8/G1/4	G1/4/G3/8	G1/4/G3/8
拉法尔喷嘴的通径/mm		0.45	0.7	0.95	1.4	2.0	3.0
工作压力范围/MPa	VADM	0.15～0.8					
	VADMI	0.2～0.8					
通电持续率(%)		100					
功耗/W		1.4			1.5先导控制		
防护等级		IP65					

2）外形尺寸(见表23.7-8)。

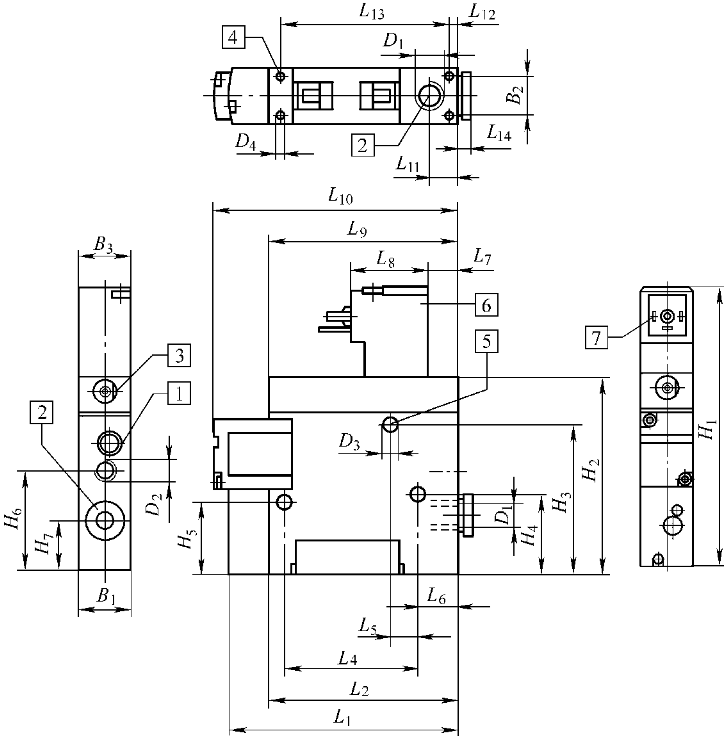
表23.7-8　VADM/VADMI真空发生器外形尺寸　(mm)

VADM-45/-70



（续）

VADM-95/-140/-200/-300



1—压缩空气接口
2—真空口
3—手控装置
4—安装螺纹
5—安装孔
6—电磁线圈，可旋转180°

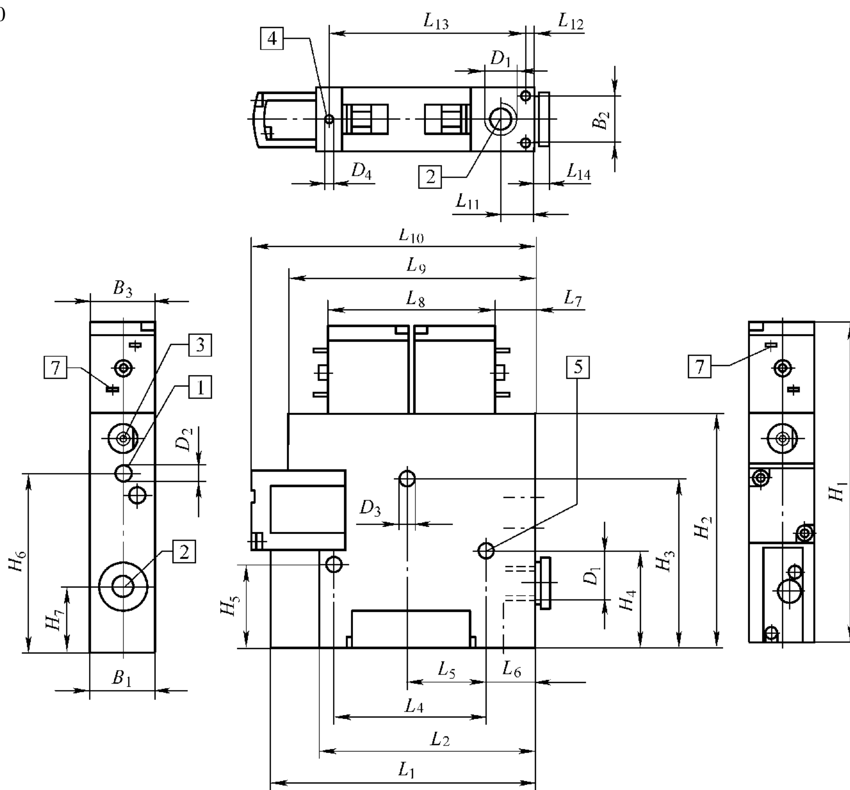
7—插座，适合以下型号： → 6/4. 1-16
VADM-45/-70
KMYZ-. . .
→ 6/4. 1-17
VADM-95/-. . . /-300
KMEB-. . . 以及 MSSD-EB

型　号	B_1	B_2	B_3	D_1	D_2	D_3	D_4	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7
VADM-45	10	6. 2	10	M5	M5	3. 2	M2	64. 4	44. 4	40. 8	23. 8	23. 8	29. 6	18
VADM-70	15	11. 2	15	G1/8	M5	3. 2	M2	73. 9	49. 4	47	26. 5	23. 5	32. 9	18
VADM-95	18	13. 4	18	G1/8	G1/8	4. 2	M2. 5	93. 4	63. 4	48. 9	25. 5	23. 3	33	18
VADM-140	22	16. 6	18	G1/4	G1/8	5. 2	M3	107. 4	77. 4	61. 4	41. 4	41. 4	36	17. 5
VADM-200	22	16. 6	18	G3/8	G1/4	5. 2	M3	113. 4	83. 4	67. 7	41. 4	41. 4	40	19
VADM-300	22	16. 6	18	G3/8	G1/4	5. 2	M3	113. 4	83. 4	67. 7	41. 4	41. 4	40	19

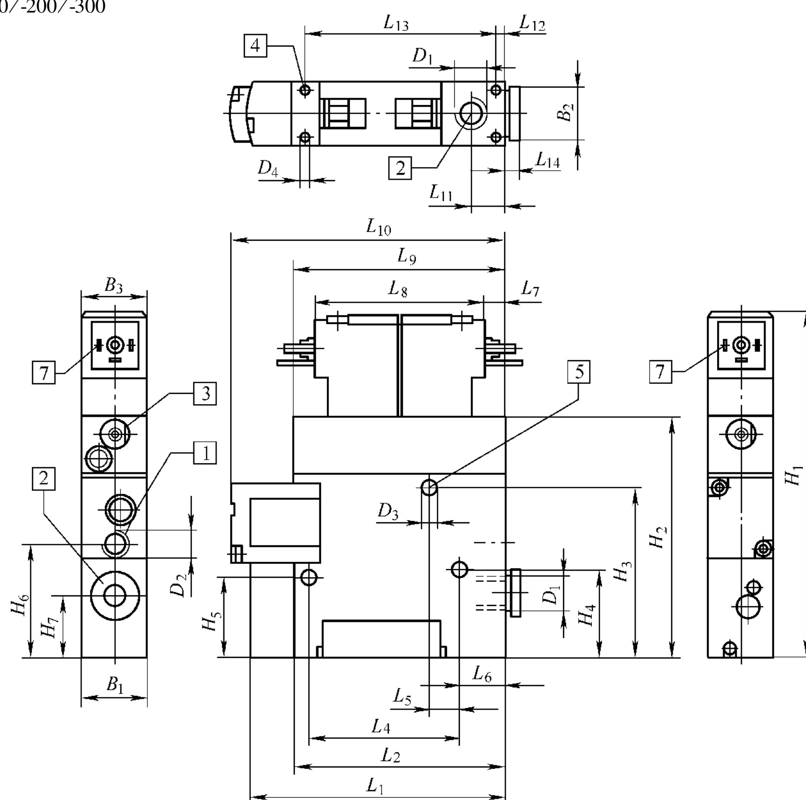
型　　号	L_1	L_2	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	L_{13}	L_{14}
VADM-45	56	41	33. 6	25	3. 6	11	16	41	56	7. 9	1. 9	36. 3	4
VADM-70	73. 3	58. 3	40. 4	21	14. 2	11	22	52. 4	76. 1	9. 4	1. 9	53. 7	4. 5
VADM-95	73. 8	61	43. 3	8. 7	13. 2	9. 7	24. 5	61	78. 8	9. 5	2. 3	55	4. 5
VADM-140	96. 8	84	26	12. 5	28. 5	9. 7	24. 5	61	96. 8	13. 8	2. 3	79. 4	5
VADM-200	96. 8	84	26	12. 5	28. 5	9. 7	24. 5	61	101. 8	12. 5	2. 3	79. 4	5
VADM-300	133. 2	120. 4	26	12. 5	28. 5	9. 7	24. 5	61	137. 4	12. 5	2. 3	115. 8	5

（续）

VADMI-45/-70



VADMI-95/-140/-200/-300



（续）

1—压缩空气接口　2—真空口　3—手控装置　4—安装螺纹　5—安装孔　7—插座，适合以下型号：VADMI-45/-70　KMYZ-...　→6/4.1-17　VADMI-95/-.../-300　KMEB-...　以及 MSSD-EB　→6/4.1-16

型　号	B_1	B_2	B_3	D_1	D_2	D_3	D_4	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7
VADMI-45	10	6.2	10	M5	M5	3.2	M2	78.2	58.2	40.8	23.8	23.8	43.4	18
VADMI-70	15	11.2	15	G1/8	M5	3.2	M2	88.9	64.4	47	26.5	23.5	48.8	18
VADMI-95	18	13.4	18	G1/8	G1/8	4.2	M2.5	99.4	69.4	48.9	25.5	23.3	33	18
VADMI-140	22	16.6	18	G1/4	G1/8	5.2	M3	113.4	83.4	61.4	41.4	41.4	36	17.5
VADMI-200	22	16.6	18	G3/8	G1/4	5.2	M3	119.4	89.4	67.7	41.4	41.4	40	19
VADMI-300	22	16.6	18	G3/8	G1/4	5.2	M3	119.4	89.4	67.7	41.4	41.4	40	19

型　　号	L_1	L_2	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	L_{13}	L_{14}
VADMI-45	56	41	33.6	25	3.6	11	33	55	56	7.9	1.9	36.3	4
VADMI-70	73.3	58.3	40.4	21	14.2	11	45	67	76.1	9.4	1.9	53.7	4.5
VADMI-95	73.8	61	43.3	8.7	13.2	5.7	49.5	61	78.8	9.5	2.3	55	4.5
VADMI-140	96.8	84	26	12.5	28.5	5.7	49.5	61	96.8	13.8	2.3	79.4	5
VADMI-200	96.8	84	26	12.5	28.5	5.7	49.5	61	101.8	12.5	2.3	79.4	5
VADMI-300	133.2	120.4	26	12.5	28.5	5.7	49.5	61	137.4	12.5	2.3	115.8	5

2.4.4　FESTO 的 VAD/VAK 真空发生器

（1）工作原理

FESTO 的所有真空发生器都基于“文丘里原理”，并采用单级结构。

- 真空发生器 VAD——不带喷射器脉冲

1）工件可以任意位置被提取。

2）坚固、可靠，不受各种环境因素影响。

3）无移动部件，免维护。

4）有现成的连接螺纹和安装孔。

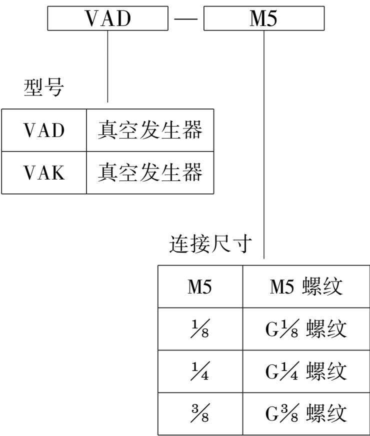
5）易于安装。

- 真空发生器 VAK——带喷射器脉冲

1）通过从预先充气的储气罐中释放喷射器脉冲使部件快速、可靠地脱离吸盘。

2）坚固的真空发生器应用范围广。

3）可选择安装消声器。



（2）技术规格（见表 23.7-9）。

表 23.7-9　VAD/VAK 真空发生器技术规格

型　　号	VAD…				VAK…
规格	M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/4
结构特点	块状结构				
工作介质	润滑或未润滑的压缩空气				
安装位置	任意				
喷射器特性	高真空型				
安装方式	通过壳体上的通孔				
气接口	M5	G1/8	G1/4	G3/8	G1/4
拉法尔喷嘴的通径/mm	0.45	0.7	0.95	1.5	3.0
最大真空度百分数(%)	80				
工作压力范围/MPa	0.15～1				

（3）外形尺寸(见表 23. 7-10)。

表 23. 7-10　VAD/VAK 真空发生器外形尺寸　　（mm）

VAD-M5

VAD-1/8

VAD-1/4

VAD-3/8

VAK-1/4

1—选择性的连接口 2
2—附加储气罐接口
1—压缩空气进气口
2—真空口
3—排气口

（续）

型号及响应时间	真空度/MPa				型号及响应时间	真空度/MPa			
	0.02	0.04	0.06	0.08		0.02	0.04	0.06	0.08
VAD-M5　/s					供气	0.61	0.89	1.12	1.32
抽气	1.3	3.53	8.18	26.6	VAD-3/8　/s				
供气	2.8	3.8	4.65	5.45	抽气	0.142	0.35	0.817	2.72
VAD-1/8　/s					供气	0.265	0.372	0.46	0.536
抽气	0.51	1.38	3.41	11.67	VAK-1/4　/s				
供气	0.89	1.3	1.64	1.98	抽气	0.29	0.745	1.69	4.04
VAD-1/4　/s					供气	0.61	0.89	1.12	1.32
抽气	0.29	0.745	1.69	4.04					

2.4.5　FESTO的VN管线型真空发生器

1）工作原理与表23.7-4真空发生器原理相同。

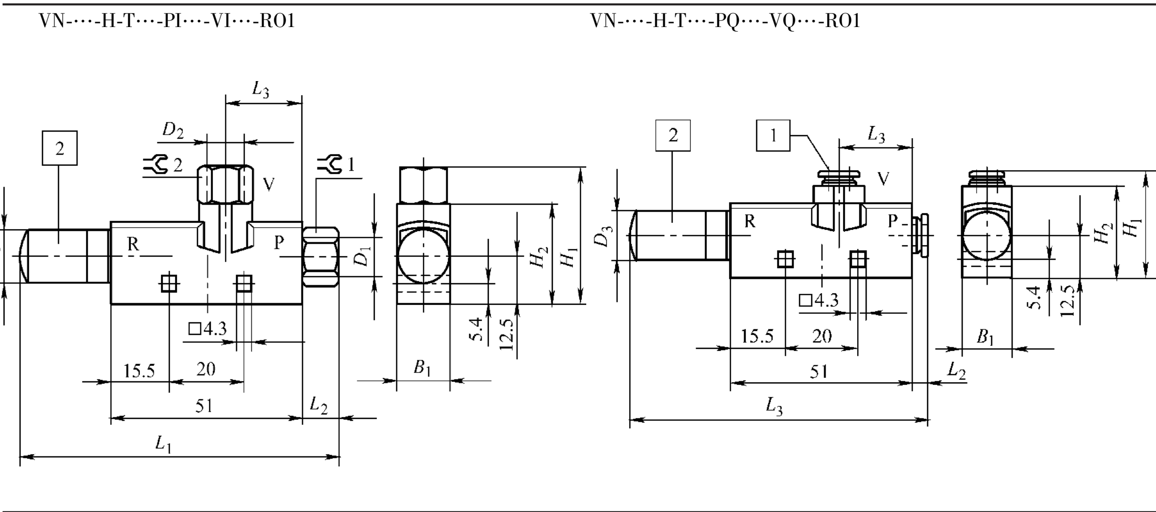
2）技术规格（见表23.7-11）。

3）外形尺寸（见表23.7-12）。

表23.7-11　VN管线型真空发生器技术规格

结构特点	标准型（型号代码H）				管线型（型号代码M）
公称通径/mm	05	07	10	14	05
工作介质	干燥过滤压缩空气（40μm），未润滑				
安装位置	任意				
喷射器特性	大抽气流量型				
安装方式	通过附件，也可通过安装通孔				
气接口	0.56				
拉法尔喷嘴的通径/mm	0.45	0.7	0.95	1.4	0.45
最大真空度百分数（%）	50				40
工作压力范围/MPa	0.1～0.8				
重量/g	22	22.3	22.5	27.1	22
相对于大气环境的最大抽气流量 q_{ns}/L·min^{-1}	15.3	38.3	52.0	88.4	12.0
在工作压力 p_1 时/MPa	0.55	0.62	0.52	0.62	0.6
目标真空度 p_u/MPa	0.055	0.055	0.056	0.057	0.055

表23.7-12　VN管线型真空发生器外形尺寸　（mm）



（续）

VN-⋯-H-T⋯-PQ⋯-VA⋯-RO1



型　号	B_1	气口 P D_1	气口 V D_2	气口 R D_3	H_1	H_2	L_1	L_2	L_3	⊂1	⊂2
VN-. . . -H(L)-T2-PQ1-VQ1-RO1	10	QS4	QS4	9. 8	31. 3	27. 7	86. 8	3. 6	24. 3	—	—
VN-. . . -H(L)-T2-PI2-VI2-RO1		M5	M5	9. 8	32. 7		86. 8	5		9	9
VN-. . . -H(L)-T3-PQ2-VQ2-RO1	14	QS6	QS6	13. 8	30. 4	26. 2	97. 6	4. 2	25. 5	—	—
VN-. . . -H(L)-T3-PI4-VI4-RO1		G1/8	G1/8	13. 8	35. 7	26. 2	102. 9	9. 5	25. 5	13	13
VN-. . . -T3-PQ2-VA4-RO1		QS6		13. 8	41. 5		97. 6	4. 2		—	
VN-. . . -T4-PQ2-VQ3-RO1	18	QS6	QS8	17. 8	35. 9	30. 7	112. 4	4. 2	25. 5	—	—
VN-. . . -T4-PI4-VI5-RO1		G1/8	G1/4	17. 8	48. 15		117. 4	9. 5		13	17
VN-. . . -T4-PQ2-VA5-RO1		QS6		17. 8	50. 5		112. 4	4. 2		—	

型号意义：

VN - 05 - H - T2 - PQ1 - VQ1 - R12

型号

VN	真空发生器

拉法尔喷嘴公称通径(mm)

05	0. 45	10	0. 95
07	0. 7	14	1. 4

真空类型

H	高真空流量型/标准型	M	高真空型/管线型
L	大抽气流量型/标准型	N	大抽气流量型/管线型

外壳类型

I2	管线型，外壳宽度 10mm	T3	T 型，外壳宽度 14mm
I3	管线型，外壳宽度 14mm	T4	T 型，外壳宽度 18mm
T2	T 型，外壳宽度 10mm		

进气口(1)

PQ1	快插接头 QS4	P12	内螺纹 M5
PQ2	快插接头 QS6	P14	内螺纹 G1/8

真空口(2)

VQ1	快插接头 QS4	VI4	内螺纹 G1/8
VQ2	快插接头 QS6	VI5	内螺纹 G1/4
VQ3	快插接头 QS8	VA4	外螺纹 G1/8
VI2	内螺纹 M5	VA5	外螺纹 G1/4

排气口(3)

VQ1	快插接头 QS4	VI5	内螺纹 G1/4
VQ2	快插接头 QS6	VA4	外螺纹 G1/8
VQ3	快插接头 QS8	VA5	外螺纹 G1/4
VI2	内螺纹 M5	RO1	消声器,开放式
VI4	内螺纹 G1/8		

2.4.6　SMC的ZH系列真空发生器

外形尺寸(见表23.7-13)。

表23.7-13　ZH系列真空发生器外形尺寸　(mm)

盒型（内置消声器）

快换接头连接

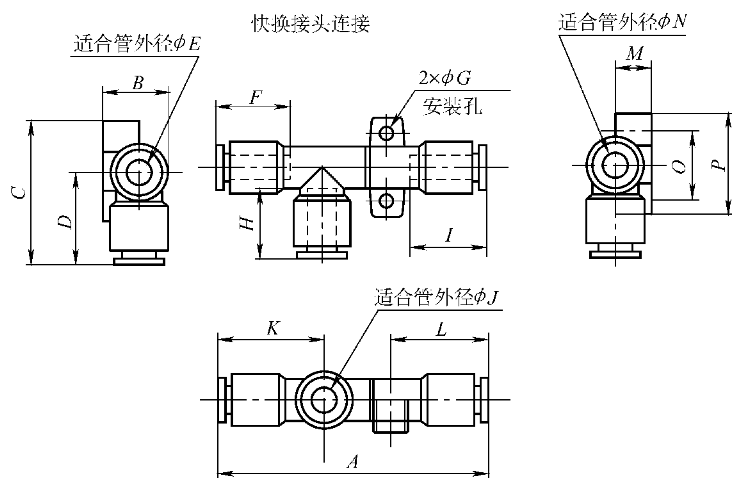
型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
ZH05BS-06-06	60	6	22	16	17	28	5	47	57	17	3.2	24	6	5.8	2	31
ZH07BS-06-06	60	6	22	16	17	28	5	47	57	17	3.2	24	6	5.8	2	31
ZH10BS-06-06	63	6	23	18	17	29	5	50	60	17	3.2	26	6	5.8	2	32
ZH13BS-08-10	78	6	27.5	23	18.5	35	7	61	75	21	4.2	28	10	7.5	3	38.5

螺纹连接

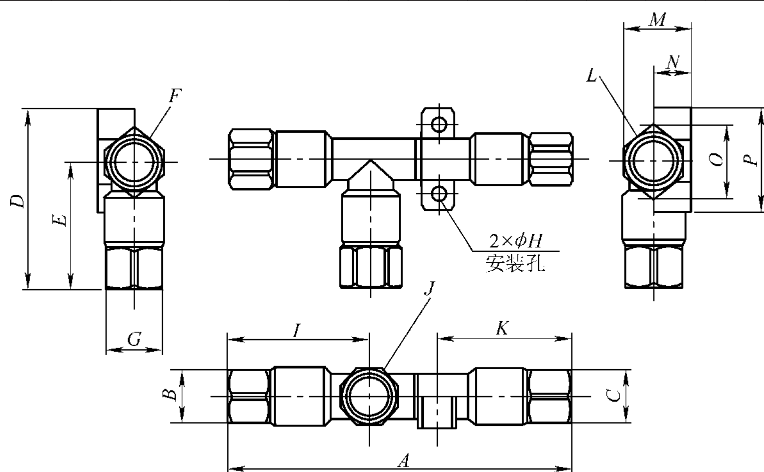
型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
ZH05BS-01-01	67.5	12	16	Rc(PT)1/8	29.5	12	28	5	47	57	3.2	31.5	Rc(PT)1/8	5.8	2	38.5
ZH07BS-01-01	67.5	12	16	Rc(PT)1/8	29.5	12	28	5	47	57	3.2	31.5	Rc(PT)1/8	5.8	2	38.5
ZH10BS-01-01	70.5	12	18	Rc(PT)1/8	30.5	12	29	5	50	60	3.2	33.5	Rc(PT)1/8	5.8	2	39.5
ZH13BS-01-02	86.5	14	23	Rc(PT)1/8	39	17	35	7	61	75	4.2	36.5	Rc(PT)1/8	7.5	3	50

（续）

直接接管型（无消声器）



型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
ZH05BS-06-06-06	58	14. 2	34	22	6	17	3. 2	17	17	6	24	21	7. 8	6	17	24
ZH07BS-06-06-06	61	14. 2	34	22	6	17	3. 2	17	17	6	24	22	7. 8	6	17	24
ZH10BS-06-06-08	66	17. 2	37	23	6	17	4. 2	17	18. 5	6	26	24. 5	9. 6	8	20	28
ZH13BS-08-10-10	74	20	42	27	8	18. 5	4. 2	21	21	10	28	26. 5	10. 7	10	22	30
ZH15BS-10-12-12	93. 3		47	29. 5	10		4. 2			12	31. 5	32. 8		12	27	35
ZH18BS-12-12-12	114			30. 5	12		3. 5			12	35. 5	50		12	10	
ZH20BS-12-16-16	124. 6			35. 5	12		3. 5			16	38. 5	54. 3		16	12	



型　　号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
ZH05BS-01-01-01	73. 5	12	12	41. 5	29. 5	Rc(PT)1/8	12	3. 2	31. 5	Rc(PT)1/8	28. 5	Rc(PT)1/8	14. 5	7. 8	17	24
ZH07BS-01-01-01	76	12	12	41. 5	29. 5	Rc(PT)1/8	12	3. 2	31. 5	Rc(PT)1/8	29. 5	Rc(PT)1/8	14. 5	7. 8	17	24
ZH10BS-01-01-01	82	12	14	44. 5	30. 5	Rc(PT)1/8	12	4. 2	33. 5	Rc(PT)1/8	33	Rc(PT)1/8	17. 4	9. 6	20	28
ZH13BS-01-02-02	94. 5	14	17	54	39	Rc(PT)1/8	17	4. 2	36. 5	Rc(PT)1/4	38. 5	Rc(PT)1/4	20. 2	10. 7	22	30
ZH15BS-02-03-03						Rc(PT)1/4				Rc(PT)3/8		Rc(PT)3/8				
ZH18BS-03-03-03						Rc(PT)3/8				Rc(PT)3/8		Rc(PT)3/8				
ZH20BS-03-04-04						Rc(PT)3/8				Rc(PT)1/2		Rc(PT)1/2				

2.4.7 SMC 的 ZU 系列管道型真空发生器

1）技术规格（见表 23.7-14）。

表 23.7-14 ZU 系列管道型真空发生器技术规格

使用流体	空 气	使用流体	空 气
最高操作压力/MPa	0.7	流体及环境温度/℃	5～60
标准使用压力/MPa	0.45	适用喉管外径/mm	Φ6（入气口及真空口）

2）外形尺寸（见表 23.7-15）。

表 23.7-15 ZU 系列管道型真空发生器外形尺寸 （mm）

ZU05S,ZU05L

59

φ12.8

ZU07S,ZU07L

66

φ12.8

型号	类型	喷嘴	最高真空压力/kPa	最大吸入流量/L·min⁻¹	耗气量/L·min⁻¹	重量/g
ZU05S	高真空型	0.5	-85	7	9.5	6.5
ZU07S		0.7	-85	12.5	19	7.0
ZU05L	大流量型	0.5	-48	12.5	9.5	6.5
ZU07L		0.7	-48	22	19	7.0

3 真空吸盘

3.1 真空吸盘的分类及应用

真空吸盘的分类及应用（见表 23.7-16）。

表 23.7-16 真空吸盘的分类及应用

分类	常用的吸盘结构有六种：标准圆形、加深圆形、铃形、1.5 褶波纹形、3.5 褶波纹形、椭圆形					
应用	标准吸盘	用于表面平整或有轻微起伏的工件，如钢板或硬板纸		波纹形吸盘	用于表面起伏或球形表面以及具有较大面积的弹性工件或容易破碎的工件，如玻璃	
	椭圆形吸盘	用于管道等条形工件		加深型吸盘	用于圆形或表面起伏较大的工件	

3.2　真空吸盘的典型产品

3.2.1　ZHP 系列真空吸盘

1）工作原理。因真空发生器或真空泵的抽吸作用，使吸盘内表面与被吸物外表面之间空间形成真空，在大气压力作用下将被吸物提起。

2）技术规格（见表 23.7-17）。

表 23.7-17　ZHP 系列真空吸盘技术规格

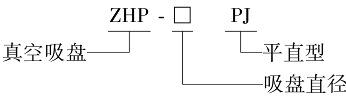
对提升重物表面要求				光滑、不透气				
真空工作压力/MPa				−0.04 ~ −0.08				
提升搬运重物的速度/mm·s⁻¹				<400				
吸盘直径/mm	10	13	16	20	25	32	40	50
真空/MPa	允许提升重量/kg							
−0.08	0.64	1.08	1.64	2.56	4.0	6.56	10.28	16.0
−0.073	0.58	0.99	1.49	2.33	3.65	5.98	9.38	1.46
−0.067	0.53	0.90	1.37	2.14	3.35	5.49	8.61	13.39
−0.060	0.48	0.81	1.23	1.92	3.00	4.92	7.38	1.20
−0.053	0.42	0.71	1.08	1.69	2.65	4.34	6.81	10.6
−0.047	0.37	0.63	0.96	1.50	2.35	3.85	6.04	9.4
−0.04	0.32	0.54	0.82	1.28	2.00	3.28	5.14	8.0

注：1. 表中提升重量实际使用时建议除以安全系数 n。水平吊件（吸盘与件接触面在水平面上）$n \geqslant 4$；垂直吊件（吸盘与件接触面在垂直方向）$n \geqslant 8$。

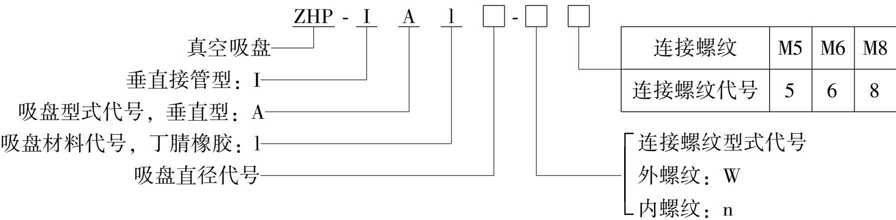
2. 生产单位：广东省肇庆方大气动有限公司。

型号意义：

1）平直型真空吸盘



2）垂直接管式真空吸盘



3）外形尺寸

① 平直型真空吸盘（见表 23.7-18）。

② 外螺纹垂直接管真空吸盘（见表 23.7-19）。

③ 内螺纹垂直接管真空吸盘（见表 23.7-20）。

表23.7-18　ZHP系列平直型吸盘外形尺寸　（mm）

1—接管　2—吸盘箍

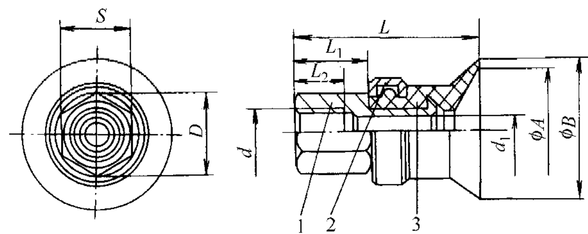
型号	A	B	E	F	C	d	D	H
ZHP-10PJ	10	12	7.7	12	4	4	6.5	6.5
ZHP-13PJ	13	15	7.7	12	4	4	6.5	6.5
ZHP-16PJ	16	18	8.2	12.5	4	4	6.5	6.5
ZHP-20PJ	20	23	9.5	14	4	6	8	6.5
ZHP-25PJ	25	28	9.5	14	4	6	8	6.5
ZHP-32PJ	32	35	10	14.5	7	6	8	6.5
ZHP-40PJ	40	43	13.7	18.5	7	9	12	7
ZHP-50PJ	50	53	14.7	19.5	7	9	12	6.8

表23.7-19　ZHP系列外螺纹垂直接管真空吸盘外形尺寸　（mm）

1—接管　2—螺母　3—吸盘箍　4—吸盘

型　　号	L	L_1	L_2	d	d_1	A	B	S	D
ZHP-IA110-W5	38.5	20	6	M5	2.5	10	12	8	8.8
ZHP-IA110-W6	42.5	25	5	M6	2.5	10	12	10	11.1
ZHP-IA113-W5	38.5	20	6	M5	2.5	13	15	8	8.8
ZHP-IA113-W6	42.5	25	5	M6	2.5	13	18	10	11.1
ZHP-IA116-W5	40	20	6	M5	2.5	16	18	8	8.8
ZHP-IA116-W6	44	25	5	M6	2.5	16	18	10	11.1
ZHP-IA120-W6	46	25	6	M6	3	20	23	10	11.1
ZHP-IA120-W8	41	15	11	M8	3	20	23	13	14.3
ZHP-IA125-W6	46	25	6	M6	3	25	28	10	11.1
ZHP-IA125-W8	41	15	11	M8	3	25	28	13	14.3
ZHP-IA132-W6	46.5	25	6	M6	3	32	35	10	11.1
ZHP-IA132-W8	41.5	15	11	M8	3	32	35	13	14.3
ZHP-IA140-W6	51	25	7.5	M6	3	40	43	12	13.2
ZHP-IA140-W8	41	15	7.5	M8	5	40	3	13	14.3
ZHP-IA150-W6	52	25	7.5	M6	4.5	50	53	12	13.2
ZHP-IA150-W8	42	15	7.5	M8	4.5	50	53	13	14.3

表 23.7-20　ZHP 系列内螺纹垂直接管真空吸盘外形尺寸　（mm）



1—接管　2—吸盘箍　3—吸盘

型　　号	L	L_1	L_2	d	d_1	A	B	S	D
ZHP-IA110-n5	21.5	9	6	M5	2.5	10	12	8	8.8
ZHP-IA110-n6	21.5	9	6	M6	2.5	10	12	8	8.8
ZHP-IA113-n5	21.5	9	6	M5	2.5	13	15	8	8.8
ZHP-IA113-n6	21.5	9	6	M6	2.5	13	15	8	8.8
ZHP-IA116-n5	21.5	9	6	M5	2.5	16	18	8	8.8
ZHP-IA116-n6	21.5	9	6	M6	2.5	16	18	8	8.8
ZHP-IA120-n5	23	9	6	M5	3	20	23	12	13.8
ZHP-IA120-n6	23	9	6	M6	3	20	23	12	13.8
ZHP-IA120-n8	29	15	9	M8	3	20	23	12	13.8
ZHP-IA125-n5	23	9	6	M5	3	25	28	12	13.8
ZHP-IA125-n6	23	9	6	M6	3	25	28	12	13.8
ZHP-IA125-n8	29	15	9	M8	3	25	28	12	13.8
ZHP-IA132-n5	23.5	9	6	M5	3	32	35	12	13.8
ZHP-IA132-n6	23.5	9	6	M6	3	32	35	12	13.8
ZHP-IA132-n8	29.5	15	9	M8	3	32	35	12	13.8
ZHP-IA140-n6	32	13.5	8	M6	4.5	40	43	12	13.8
ZHP-IA140-n8	32	13.5	9	M8	4.5	40	53	12	13.8
ZHP-IA150-n6	33	13.5	8	M6	4.5	50	53	12	13.8
ZHP-IA150-n8	33	13.5	9	M8	4.5	50	53	12	13.8

3.2.2　XP 系列真空吸盘

1）工作原理，同 ZHP 系列真空吸盘工作原理。

2）技术规格（见表 23.7-21）。

3）外形尺寸（见表 23.7-22）。

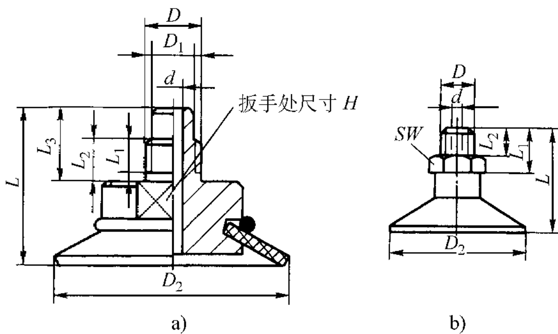
表 23.7-21　XP 系列真空吸盘技术规格

型　　号	XP-8	XP-15	XP-30	XP-55	XP-75	XP-100
通径/mm	2	3		4		
连接螺纹	M5	M10×1		M12×1.25		

（续）

工作介质	经过滤的压缩空气					
使用温度范围/℃	-20～80					
输入压力范围/MPa	0.3～0.7					
有效吸附直径/mm	6	12	25	44	60	85
理论吸力/N （在0.07MPa真空度时）	1.9	7.9	34	106	197	397

表23.7-22　XP系列真空吸盘外形尺寸　（mm）



a）XP-8～30　b）XP-55～100

型号＼代号	D	d（ϕ）	D_2（ϕ）	D_1（ϕ）	L_1	L_2	L_3	L	SW	H
XP-8	M5	1.5	15	3.5	5	7.5	12	25.5	—	—
XP-15	M10×1(G1/8)	2.5	20	7	6	7.5	13.5	27.5	—	10
XP-30	M10×1(G1/8)	3.5	40	7.5	6	7.5	13	28	—	21
XP-55	M12×1.25(G1/4)	4	55	—	28	20	—	42	18	—
XP-75	M12×1.25(G1/4)	4	75	—	27	20	—	49	18	—
XP-100	M12×1.25(G1/4)	4	100	—	26	18	—	49	18	—

生产单位：烟台未来自动装备有限公司。

3.2.3　XPI系列真空小吸盘

1）工作原理同ZHP系列真空吸盘工作原理。

2）技术规格(见表23.7-23)。

3）外形尺寸(见表23.7-24～表23.7-26)。

表23.7-23　XPI系列真空小吸盘技术规格

吸盘直径/mm	10	16	20	25	32	40
工作介质	环境空气					

（续）

吸附面积/mm²	78.5	200.96	314	490.6	803.8	1256
理论吸力/N(真空度0.07MPa时)	6	14	22	35	57	88

注：1. 实际使用时，建议对提升载荷除以安全系数 n。水平吊件，$n \geq 4$，垂直吊件，$n \geq 8$。

2. 型号意义：

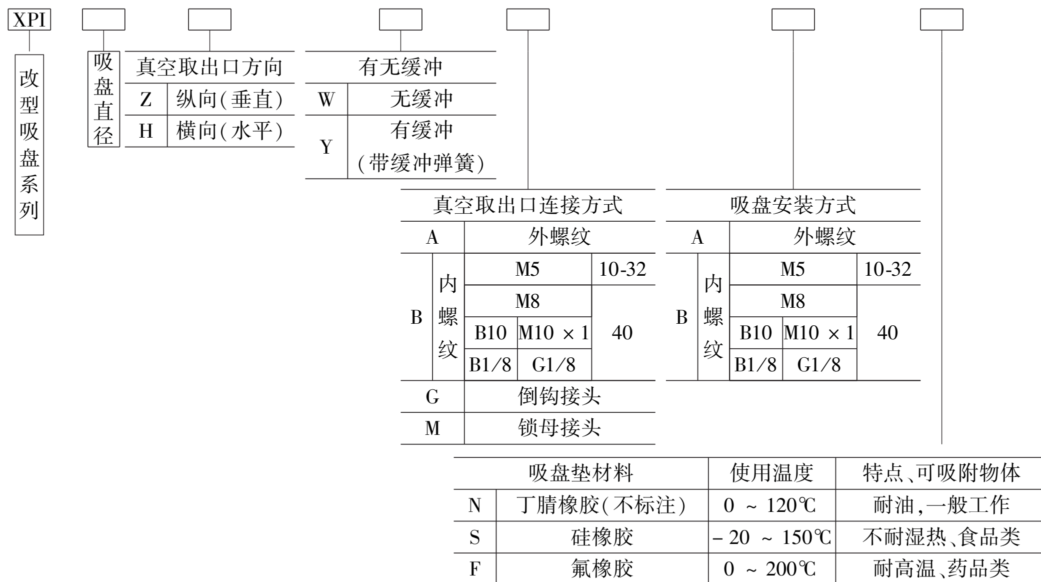
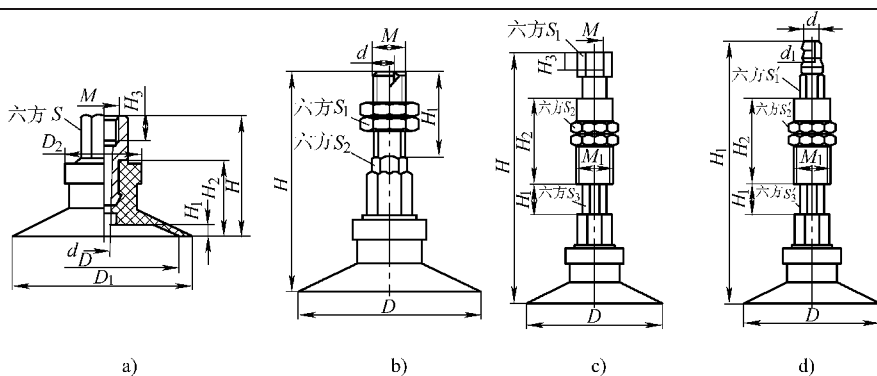


表 23.7-24　XPI 系列真空垂直(纵向)接管小吸盘外形尺寸　（mm）



a）XPI10-40ZWBB 内螺纹连接，无缓冲　b）XPI10-40ZWAA 外螺纹连接，无缓冲
c）XPI10-40ZYBA 内螺纹连接，有缓冲　d）XPI10-40ZYGA 倒钩连接，有缓冲

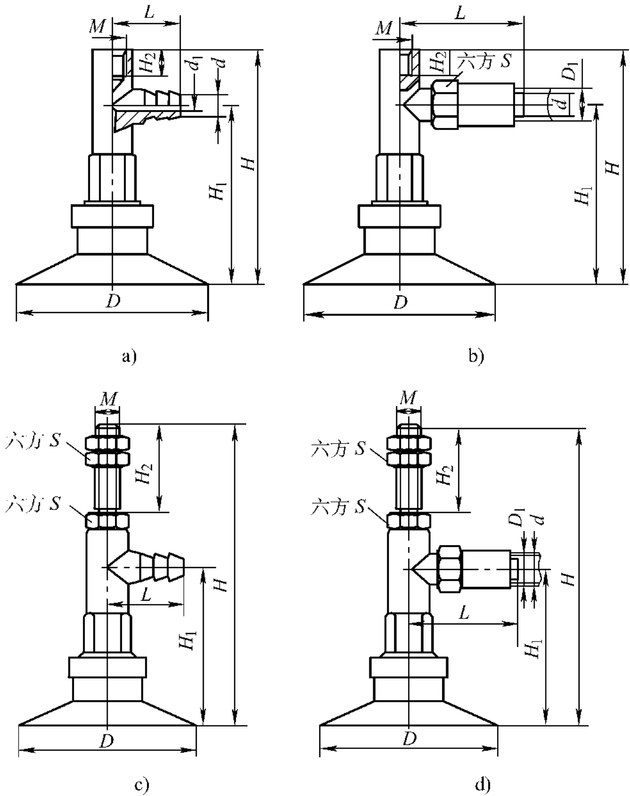
型号	XPI10-40ZWBB 内螺纹连接、无缓冲									XPI10-40ZWAA 外螺纹连接、无缓冲					
吸盘直径 D	M	D_1 (φ)	D_2 (φ)	d (φ)	H	H_1	H_2	H_3	S	M	d (φ)	H	H_1	S_1	S_2
10	M5	12	13	2.5	21	1.7	12	6	8	M5	2.5	44	20	8	8
16		18			21.5	1.2	12.5					44.5			
20		23	15	3.5	23	1.7	14					46			
25		28				1.8									
32		35			23.5	2.3	14.5					46.5			
40	M8	43	18	6	33.5	3.3	18.5	9	12	M10×1	4.5	61.5	25	14	12
	M10×1 (G1/8)							11							

（续）

型号	XPI10-40ZYBA 内螺纹连接、有缓冲 XPI10-40ZYGA 倒钩连接、有缓冲												
吸盘直径 D	M	M_1	d (ϕ)	d_1 (ϕ)	H	H'	H_1	H_2	H_3	S_1	S	S_2	S_3
10	M5	M10×1	4	2	68	78	10	23	5	8	6	14	6
16					68.5	78							
20					70	80							
25													
32					70.5	80.5							
40	M8	M14×1	6	3.5	114.5	120.5		50	8	12	10	19	10
	M10×1 (G1/8)								10				

生产单位：烟台未来自动装备有限公司。

表 23.7-25 水平(横向)接管无缓冲小吸盘外形尺寸 (mm)



a）XPI10-40HWGB 倒钩连接、无缓冲 b）XPI10-40HWMB 锁母接头连接、无缓冲

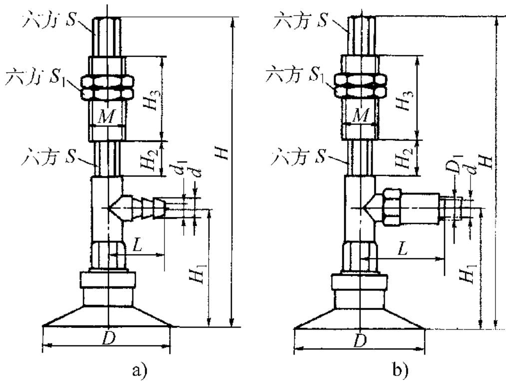
c）XPI10-40HWGA 倒钩连接、无缓冲 d）XPI10-40HWMA 锁母接头连接、无缓冲

（续）

型　　号	XPI10-40HWGB 倒钩连接、无缓冲							XPI10-40HWMB 锁母接头连接、无缓冲						
吸盘直径 D	M	d（ϕ）	d_1（ϕ）	L	H	H_1	H_2	接管径 $\phi D_1\times\phi d$	M	L	H	H_1	H_2	S
10					40	28					40	28		
16					40.5	28.5					40.5	28.5		
20	M5	4	2.5	20	42	30	6	6×4	M5	20	42	30	6	10
25														
32					42.5	30.5					42.5	30.5		
40	M8	6	4.5	22	62.5	43.5	9	8×6	M8×1	22	62.5	43.5	9	12

型号	XPI10-40HWGA 倒钩连接、无缓冲								XPI10-40HWMA 锁母接头、连接、无缓冲						
吸盘直径 D	M	d（ϕ）	d_1（ϕ）	L	H	H_1	H_2	S	接管径 $\phi D_1\times\phi d$	M	L	H	H_1	H_2	S
10					63	28						63	28		
16					63.5	28.5						63.5	28.5		
20															
25	M5	4	2.5	20	65	30	20	8	6×4	M5	20	65	30	20	8
32					65.5	30.5						65.5	30.5		
40	M8×1	6	4.5	22	90.5	43.5	25	12	8×6	M8×1	22	90.5	43.5	25	12

表 23.7-26　水平（横向）接管有缓冲小吸盘外形尺寸　（mm）



a）XPI10-40HYGA 倒钩连接，有缓冲　b）XPI10-40HYMA 锁母连接，有缓冲

型　　号	XPI10-40HYGA 倒钩连接、有缓冲 XPI10-40HYMA 锁母连接、有缓冲										
吸盘直径 D	M	d（ϕ）	d_1（ϕ）	L	H	H_1	H_2	H_3	S	S_1	接管径 $D_1\times d$
10					85	28					
16					85.5	28.5					
20					87						
25	M10×1	4	2.5	20		30		23	6	14	6×4
32					87.5	30.5	10				
40	M14×1	6	4.5	22	136.5	43.5		50	10	19	8×6

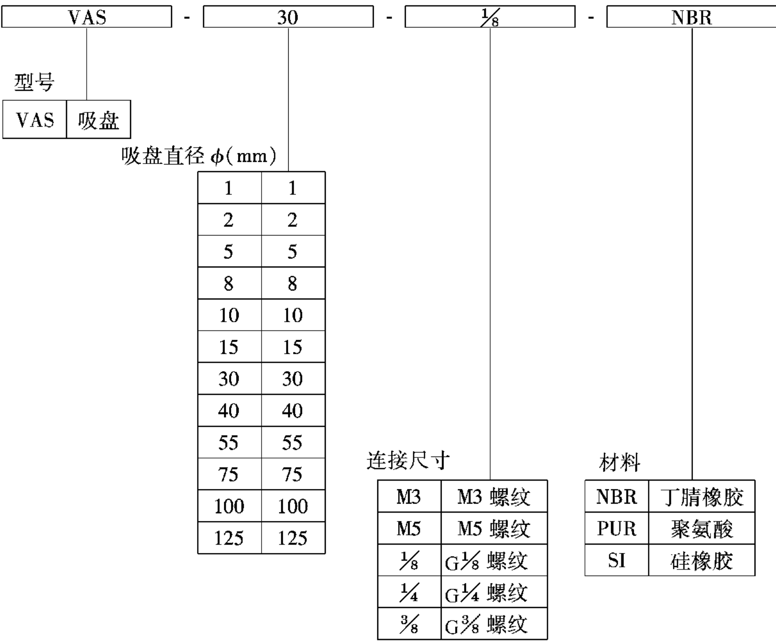
3.2.4 FESTO 的 VAS/VASB 真空吸盘

1）技术规格(见表23.7-27)。

表23.7-27 VAS/VASB 真空吸盘技术规格

吸盘直径/mm	结构特点	真空接口	安装方式	公称通径/mm	有效吸盘直径/mm	肖氏硬度	70%真空度时的脱离力/N	重量/g		
								NBR	PUR	SI
1	真空接口位于顶部，圆形，标准型	M3	螺纹连接	0.4	0.8	55±5	0.035	1	—	—
2		M3		1	1.6	55±5	0.14	11	—	—
5		M5		1.5	4	55±5	0.9	2	—	—
8		M5		2	5.5	73	1.6	4	4	2
10		M5		2	8	73	4.5	3	3	3
15		G1/8		3	12	73	7.9	11	11	6
30		G1/8		3	25	73	34	13	13	7
40		G1/4		4	32	73	56	26	27	13
55		G1/4		4	44	73	106	32	32	16
75		G1/4		4	60	73	197	76	78	36
100		G1/4		4	85	73	397	138	142	67
125		G3/8		7	105	73	606	152	148	148

注：型号意义：



2）外形尺寸(见表23.7-28)。

表 23.7-28　VAS/VASB 真空吸盘外形尺寸　（mm）

VAS-8-M5-S　　VAS-…-NBR/-PUR　　VAS-…-SI

1—倒钩式管接头，用于连接 3mm 塑料气管

型　　号	D	D_1	D_2	L	L_1	L_2	L_3	扳手
VAS-NBR								
VAS-1-M3-NBR	M3	0.9	1	6.6	5	3	3.6	4.5
VAS-2-M3-NBR	M3	1	2	9	5	3	6	4.5
VAS-5-M5-NBR	M5	1.5	5	16.5	11.5	4	13	8
VAS-8-M5-NBR	M5	2	8	19.2	11.5	4	15.7	8
VAS-10-M5-NBR	M5	2	10	19.2	11.5	4	15.7	8
VAS-15-1/8-NBR	G1/8	3	15	20	12	4.7	15.3	13
VAS-30-1/8-NBR	G1/8	3	30	21.5	12	4.7	16.8	13
VAS-40-1/4-NBR	G1/4	4	40	32.5	19	5.8	24.7	17
VAS-55-1/4-NBR	G1/4	4	55	35.5	19	5.8	27.7	17
VAS-75-1/4-NBR	G1/4	4	75	29	18	5.8	21.2	17
VAS-100-1/4-NBR	G1/4	4	100	29	18	5.8	21.2	17
VAS-125-3/8-NBR	G3/8	7	125	36	20	6	30	19
VAS-PUR								
VAS-8-M5-PUR	M5	2	8	19.2	11	4	15.7	8
VAS-10-M5-PUR	M5	2	10	19.2	11	4	15.7	8
VAS-15-1/8-PUR	G1/8	3	15	20	12	4.7	15.3	13
VAS-30-1/8-PUR	G1/8	3	30	23	12	4.7	16.8	13
VAS-40-1/4-PUR	G1/4	4	40	31.5	19	5.8	23.7	17
VAS-55-1/4-PUR	G1/4	4	55	34.5	19	5.8	26.7	17
VAS-75-1/4-PUR	G1/4	4	75	29	18	5.8	21.2	17
VAS-100-1/4-PUR	G1/4	4	100	29	18	5.8	21.2	17
VAS-125-3/8-PUR	G3/8	7	125	36	20	6	30	19
VAS-SI								
VAS-8-M5-SI	M5	2	8	19.2	11.5	5	14.2	8
VAS-10-M5-SI	M5	2	10	19.2	11.5	5	14.2	8
VAS-15-1/8-SI	G1/8	3	15	20	12	6.5	13.5	13
VAS-30-1/8-SI	G1/8	3	30	21.5	12	6.5	15	13
VAS-40-1/4-SI	G1/4	4	40	30.5	17	8	22.5	17

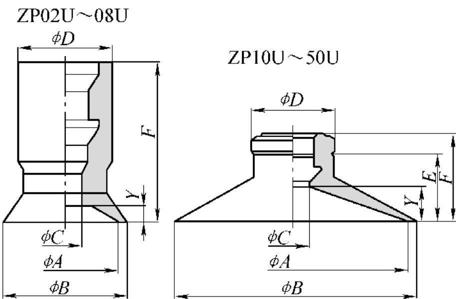
（续）

型　　号	D	D_1	D_2	L	L_1	L_2	L_3	🔧
VAS-SI								
VAS-55-1/4-SI	G1/4	4	55	33.5	17	8	25.5	17
VAS-75-1/4-SI	G1/4	4	75	28	14	8	20	17
VAS-100-1/4-SI	G1/4	4	100	28.5	14.5	8	20.5	17
VAS-125-3/8-SI	G3/8	7	125	36	16.5	9	27	19

3.2.5　SMC 的 ZP 系列真空吸盘

外形尺寸(见表23.7-29)。

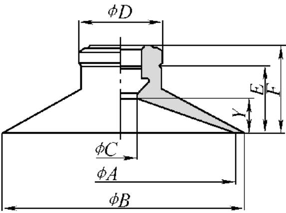
表23.7-29　ZP 系列真空吸盘外形尺寸　（mm）



型号	A	B	C	D	E	F	Y	型号	A	B	C	D	E	F	Y
ZP02U	2	2.6	1.2	7	—	12	0.8	ZP16U	16	18	4	13	8.2	12.5	3.5
ZP04U	4	4.8	16	7	—	12	0.8	ZP20U	20	23	4	15	9.5	14	4
ZP06U	6	7	2.5	7	—	12	0.8	ZP25U	25	28	4	15	9.5	14	4
ZP08U	8	9	2.5	7	—	12	1	ZP32U	32	35	4	15	10	14.5	4.5
ZP10U	10	12	4	13	7.7	12	3	ZP40U	40	43	7	18	13.7	18.5	6.5
ZP13U	13	15	4	13	7.7	12	3	ZP50U	50	53	7	18	14.7	19.5	7.5

平口型带肋条吸盘垫

ZP10C ～ 50C

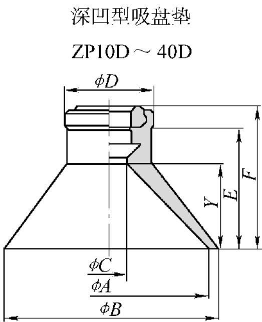


型号	A	B	C	D	E	F	Y	型号	A	B	C	D	E	F	Y
ZP10C	10	12	4	13	7.7	12	1.7	ZP25C	25	28	4	15	9.5	14	1.8
ZP13C	13	15	4	13	7.7	12	1.8	ZP32C	32	35	4	15	10	14.5	2.3
ZP16C	16	18	4	13	8.2	12.5	1.2	ZP40C	40	43	7	18	13.7	18.5	3.3
ZP20C	20	23	4	15	9.5	14	1.7	ZP50C	50	53	7	18	14.7	19.5	3.3

（续）

深凹型吸盘垫

ZP10D～40D



型号	A	B	C	D	E	F	Y	型号	A	B	C	D	E	F	Y
ZP10D	10	12	4	13	10.7	15	6	ZP25D	25	28	4	15	15.5	20	10
ZP16D	16	18	4	13	11.7	16	7	ZP40D	40	43	7	18	24.2	29	17

4　真空辅件

4.1　真空压力开关

真空压力开关分为机械式与电子式(压敏电阻式开关型)。机械式真空压力开关的压力等级可分为 -0.1 ~ +0.16MPa、-0.08 ~ -0.02MPa；电子式真空压力开关的压力等级可分为 -0.1 ~ +0.4MPa、0 ~0.1MPa、-0.1 ~0.1MPa 等。电子式真空压力开关有带指示灯的压力开关及带显示屏的数字式压力开关。

4.1.1　FESTO 的 VPVE 机械式真空开关

1）技术规格(表 23.7-30)。

表 23.7-30　VPVE 机械式真空开关技术规格

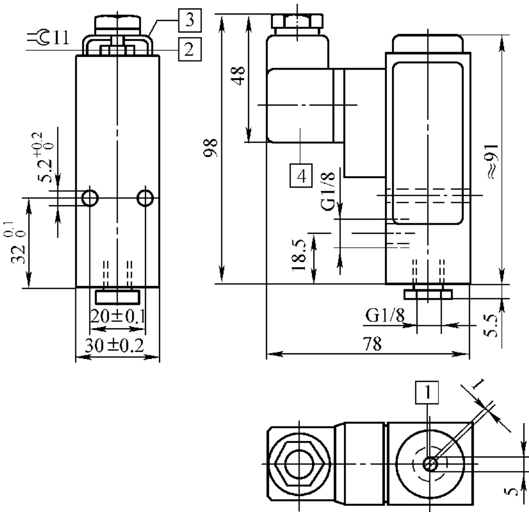
型　　号		VPVE-1/8	VPVE-1/8-M12
机 械 部 分			
气接口		G1/8	
测量方式		气/电压力转换器	
测量的变量		相对压力	
压力测量范围/MPa		-0.1 ~ +0.16	
阈值设定范围/MPa		-0.095 ~ -0.02	
转换后的阈值设定范围/MPa		0.016 ~0.16	
电连接		插头，方块形结构符合 EN43 650 标准，A 型	插头，圆形结构符合 EN60 947-5-2 标准，M12 ×1，4 针
安装方式		通过通孔	
安装位置		任意	
电　部　分			
额定工作电压/V	AC	250	48
	DC	125	48
开关元件功能		转换开关	
开关状态显示		黄色 LED	—
防护等级，符合 EN60 529 标准		IP65	
CE 标志		73/23/EEC(低电压)	

（续）

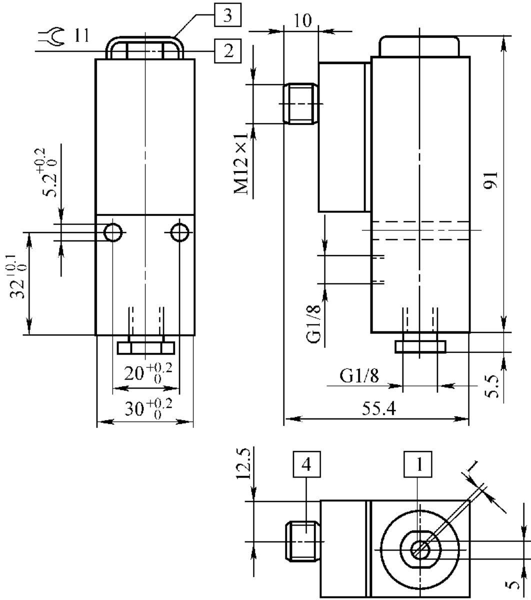
电　部　分		
工作介质	过滤压缩空气，润滑或未润滑	过滤压缩空气，润滑或未润滑，过滤等级40μm
	真空，润滑或未润滑	真空，润滑或未润滑
工作压力/MPa	-0.1～+0.16	
环境温度/℃	-20～+80	
介质温度/℃	-20～+80	

2）外形尺寸(见图23.7-8)。

VPEV-1/8



VPEV-1/8-M12



1—切换点调节螺钉
2—心轴，用于迟滞设定(在保护盖下面)
3—保护盖
4—快插接头符合DIN EN175 301-803-A标准，M16×1.5，通过旋转插座插件(4×90°)可选择电缆输出方式

1—切换点调节螺钉
2—心轴，用于迟滞设定(在保护盖下面)
3—保护盖
4—接头型式适合于符合EN60 947-5-2标准的插头，M12×1

图23.7-8　VPVE机械式真空开关外形尺寸

4.1.2　FESTO的SED5真空开关

电子式真空压力开关是利用压敏电阻方式在不同的压力变化时可测得不同的电阻值，并转化为电流的变化。连接方式为气接口一端或两端带快插接头，分别接真空发生器及真空吸盘。

1）技术规格(表23.7-31)。电子式真空压力开关主要技术参数：电压为15～30V(DC)，工作压力为-0.1～+1MPa(有些公司工作压力为-0.1～+3MPa)，工作温度为0～50℃，工作压力为测量精确度15%，切换点重复精度为±0.3%。

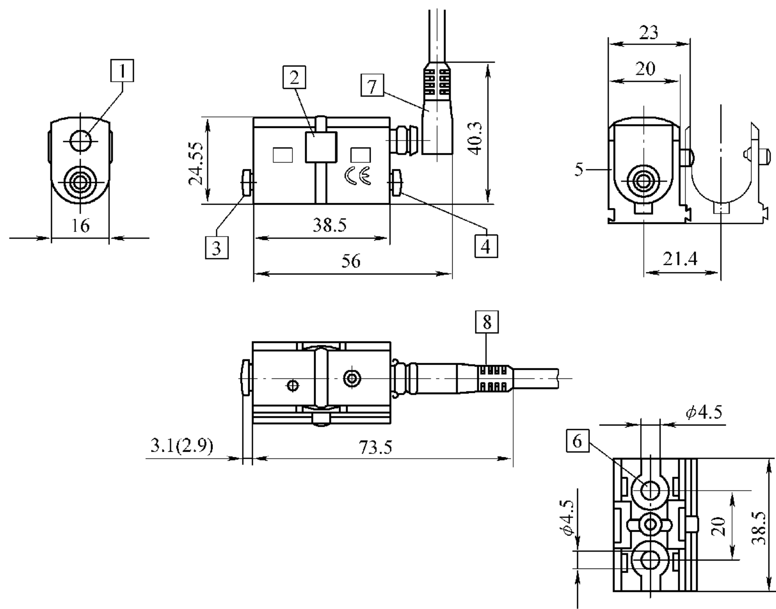
表 23.7-31　SED5 真空开关技术规格

派生型 压力测量范围/MPa	V1 -0.1 ~ 0	D2 0 ~ 0.2	D10 0 ~ 1
机 械 部 分			
气接口	一端或两端带快插接头 QS-3，QS-4 或 QS-6		
测量方式	压阻式压力开关		
测量的变量	相对压力		
精度(%)	测量范围终值的 ±1.5		
切换点重复精度(%)	测量范围终值的 ±0.3		
温度系数	±0.5%/10K		
响应时间/ms	4		
电连接	M8×1 插头，3 针，或 2.5m 电缆		
安装方式	通过附件		
安装位置	任意		
电 部 分			
工作电压/V(AC)	15 ~ 30		
最大闲置电流/mA	20		
最大输出电流/mA	100		
短路保护	脉冲型		
极性容错	用于工作电压		
过载保护	是		
开关输出	PNP		
开关元件功能	常开或常闭触点		
显示方式	黄色 LED，四周可见		
防护等级，符合 EN60 529 标准	IP65		
CE 标志	89/336/EEC(EMC)		
工作介质	过滤压缩空气，润滑或未润滑		
压力测量范围/MPa	-0.1 ~ 0	0 ~ 0.2	0 ~ 1
阈值设定范围(%)	0 ~ 100		
过载压力/MPa	0.5	0.6	1.5
环境温度/℃	0 ~ 50	0 ~ 50	0 ~ 50
介质温度/℃	0 ~ 50	0 ~ 50	0 ~ 50
耐腐蚀等级 CRC	2	2	2
防护等级，符合 EN60 529 标准	IP40	IP40	IP40

2）外形尺寸(表 23.7-32)。

表 23.7-32 SED5 真空开关外形尺寸 (mm)

带 M8 插头的派生型



注：括号内的尺寸适用与派生型 SED5-⋯-Q3-⋯

1—M8×1 插头，3-针，针脚分布符合 EN60947-5-2 附录 D

2—黄色 LED 显示，四周可见

3—气接口 QS-3、QS-4 或 QS-6

4—气接口 QS-3、QS-4 或 QS-6 或堵头(对于 SDE5-...-Q...E-...)

5—墙面安装支架

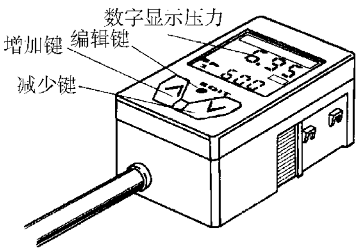
6—通孔，用于安装螺钉

7—直角式连接插座 SIM-M8-3WD

8—直列式连接插座 SIM-M8-3GD

4.1.3 FESTO 的 SDE1 带显示压力传感器

带显示屏的数字式压力开关是利用压敏电阻方式在不同的压力变化时可测得不同的电阻值，并转化为电流的变化，它有 PNP 或 NPN 输出(如:1 个开关输出 PNP 型或 NPN 型;2 个开关输出 PNP 型或 NPN 型，1 个开关输出 PNP 型或 NPN 型和模拟量 0～10V 的输出,2 个开关输出 PNP 型或 NPN 型和模拟量 4～20mA 的输出)。可有 LCD 显示(便于操作)及发光 LCD 显示(便于读取)。有两个压力测量范围：－0.1～0MPa、0～1MPa。可进行相对压力和压差的测量。它的 1 配置工作模式与电子式真空压力开关(带指示灯)相同，工作压力设定调整如图所示，由增加键或减少键调整所需压力。



1) 技术规格(见表 23.7-33)。

2) 外形尺寸(见表 23.7-34)。

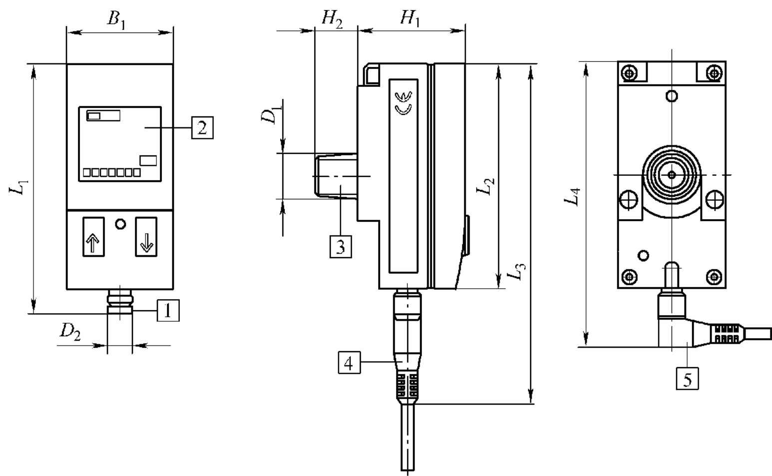
表 23.7-33 SDE1 带显示压力传感器技术规格

压力测量范围/MPa	－0.1～0	0～1
机 械 部 分		
测量方式	压阻式压力传感器，带显示	
气接口	R1/8，R1/4 或 QS-4	

（续）

压力测量范围/MPa	-0.1 ~ 0	0 ~ 1
机 械 部 分		
测量的变量	相对压力或压差	
精度(%)	测量范围终值的 ±2	
切换点重复精度(%)	0.3	
电连接	插头 M8 ×1，或 M12 ×1，圆形结构符合 EN60947-5-2 标准	
安装方式	安装在气源处理单元，H 型导轨和连接板上	
安装位置	任意	
电 部 分		
工作电压/V(DC)	15 ~ 30	
最大输出电流/mA	150	
短路保护	脉冲型	
极性容错	所有电连接	
开关输出	PNP 或 NPN	
CE 标志	89/336/EEC(EMC)	
工作介质	过滤压缩空气，润滑或未润滑	
压力测量范围/MPa	-0.1 ~ 0	0 ~ 1
阈值设定范围/MPa	-0.0998 ~ -0.002	0.02 ~ 0.998
迟滞设定范围/MPa	-0.09 ~ 0	0 ~ 0.9
过载压力/MPa	0.5	2
环境温度/℃	0 ~ 50	
介质温度/℃	0 ~ 50	
耐腐蚀等级 CRC	2	
防护等级，符合 EN60 529 标准	IP65	

表 23.7-34　SDE1 带显示压力传感器外形尺寸　（mm）



（续）

1—插头 M8×1 或 M12×1 符合 EN 60 947-5-2 标准　　4—连接插座，直列式
2—LCD 显示　　5—连接插座，直角式
3—气接口连接件

型　　号	B_1	D_1	D_2	H_1	H_2	L_1	L_2	L_3	L_4
SDE1... R1/8-M8	32.3	R1/8	M8	33	13	78	70	106	89
SDE1... R1/4-M8		R1/4							
SDE1... R1/8-M12	32.3	R1/8	M12	31.3	13	87	70	125	104
SDE1... R1/4-M12		R1/4							

4.2　真空压力表

真空压力表有不同的工作原理，有机械式和数字式两种功能方式。常用的为机械压力表。

FESTO 的 VAM 真空压力表，真空压力范围在 -0.1～0MPa/-0.1～0.9MPa，工作温度为 -10～+60℃。

1）工作原理：温度范围 -10～+60℃。通过舌管弹簧进行模拟量显示，真空压力表在静态负载情况下可以达到 3/4 全量程，在间歇负载的情况下只能达到 2/3 全量程。

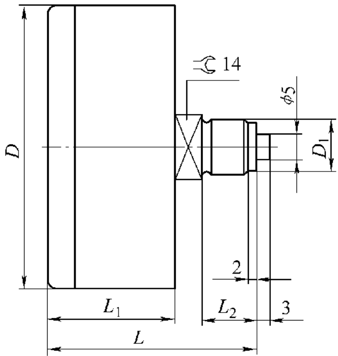
2）技术规格(见表 23.7-35)。

表 23.7-35　VAM 真空压力表技术规格

规格	G1/8	G1/4	测量精度，等级	1.6	
结构特点	舌管弹簧式压力表		安装方式	螺纹连接	
工作介质	过滤，润滑或未润滑的压缩空气		气接口	G1/8	G1/4
压力指示面的安装位置	垂直		连接位置	中心，后侧	
公称通径/mm	40	63			

3）外形尺寸(见表 23.7-36)。

表 23.7-36　VAM 真空压力表外形尺寸　　（mm）



型号	D	D_1	L	L_1	L_2	型号	D	D_1	L	L_1	L_2
VAM-40	40	G1/8	40.5	24.5	10	VAM-63	63	G1/4	46	28	12

5　真空元件选用注意事项

5.1　气源

真空发生器的气源应在 0.05～0.06MPa，不易过高或过低。为防止真空发生器内喷嘴(细小直径)的堵塞应注意以下两点：

1）采用过滤、无油润滑的压缩空气。

2）在真空吸盘与真空发生器之间应安装真空过滤器，尤其是当工件为纸板材质或周围环境有粉尘、灰尘时。

5.2　系统

应用真空发生器在满足自动机械的动作及节拍要求时，应尽可能降低压缩空气消耗量，达到节能的目的。

1）真空吸盘与真空发生器之间连接管道不易过长或过粗，管道可被视作抽吸容积，大的抽吸容积将使抽吸时间延长。

2）为保证安全，在真空发生器的前级设置储气罐，以防停电或供气气源发生故障时，避免工件因失去真空而坠落。

3）在接头与阀、气管与接头，以及所有真空系统的连接处应确保完全密封(如采用可用于真空系统的组合封密垫圈)。

4）当搬送如玻璃、钢铁、塑料等表面光滑的气密性材料制造的工件时，应选用带单向阀的真空发生器。该真空发生器内装有单向阀和真空开关，采用合理的控制策略对运送这类工件节能效果非常明显。

5）当吸着瓦楞纸板及木板的情况下，由于工件的材质疏松，空气泄漏量大，真空自然破坏速度较快，真空度下降很快。一般将排气量不同和能达到不同真空度的两对彼此独立的真空发生系统并联集装在一个本体内，由功能控制阀根据自动机械的动作要求自动控制其同时或顺序地产生真空和保持真空，以达到节能的效果。

6）节拍较快且较重工件的搬送时，一般考虑采用大排气量的真空发生器，但是，这种真空发生器压缩空气消耗量很大，而特殊设计的双喷嘴串联真空发生器可较好地解决该类问题。

5.3　工件

1）工件的最高温度。选择合适的吸盘材质，如氟橡胶、硅橡胶。

2）工件抓取时的定位精度。根据工件的形状、尺寸及重量选择合适的吸盘形状或带围栏挡板(挡块)吸盘，并考虑吸盘是否处于工件的中心位置(如果用几个吸盘,应考虑中心对称及中心位置)。

3）工件的周围条件(耐化学性、是否用于食品行业、是否不含硅)。需要哪种抓取方式(移位、旋转、转向)。

5.4　维护

1）在真空系统操作中应注意真空的清洁问题，对周期性工作的真空系统，应及时清除工艺过程所产生的污物，尽量缩短真空室暴露在大气中的时间以减少潮湿空气对真空室内部的吸附量。

2）真空发生器的排气不得节流，更不得堵塞，否则真空性能会变得很差。因此要定期清洗其消声器及真空过滤器。

3）对系统中所使用的各种真空泵、真空阀门等应严格遵守其操作规程，做好日常的维护工作。

第 8 章　气动系统的设计计算

气动系统的设计一般包括以下几个方面：

1）回路设计。

2）元件、辅件选用。

3）管道选择设计。

4）系统压降验算。

5）空压机选用。

6）经济性与可靠性分析。

以上各项中，回路设计是基础，本章着重予以说明，然后结合实例对气动系统的设计计算进行介绍。

1　气动回路

1.1　气动基本回路

气动基本回路是气动回路的基本组成部分，可分为：压力与力控制回路、方向控制(换向)回路、速度控制回路、位置控制回路和真空回路。

1.1.1　压力与力控制回路(见表 23.8-1)

表 23.8-1　气动压力与力控制回路及特点说明

	简　图	说　明
1. 压力控制回路		
一次压控制回路		主要控制气罐，使其压力不超过规定压力。常采用外控式溢流阀 1 来控制，也可用带电触点的压力表 1′，代替溢流阀 1 来控制压缩机电动机的启、停，从而使气罐内压力保持在规定压力范围内。采用溢流阀结构简单、工作可靠，但无功耗气量大；后者对电动机及其控制要求较高
二次压控制回路		二次压控制主要控制气动控制系统的气源压力，其原理是利用溢流式减压阀 1 以实现定压控制
高低压控制回路		气源供给某一压力，经二个调压阀(减压阀)分别调到要求的压力 图 a 利用换向阀进行高、低压切换 图 b 同时分别输出高低压的情况
差压回路		此回路适用于双作用缸单向受载荷的情况，可节省耗气量 图 a 为一般差压回路 图 b 在活塞杆回程时，排气通过溢流阀，它与定压减压阀相配合，控制气缸保持一定推力
2. 力控制回路		
串联气缸增力回路		三段活塞缸串联。工作行程(杆推出)时，操纵电磁换向阀使活塞杆增力推出。复位时，右端的两位四通阀进气，把杆拉回 增力倍数与串联的缸段数成正比
气液增压缸增力回路		利用气液增压缸 1，把压力较低的气压变为压力较高的液压，以提高气液缸 2 的输出力。应注意活塞与缸筒间的密封，以防空气混入油中

1.1.2　换向回路(见表 23.8-2)

表 23.8-2　气动换向回路及特点说明

	简　　图	说　　明
1. 单作用气缸换向回路		
二位三通电磁阀控制回路	a)　b)	图 a 为常断二位三通电磁阀控制回路。通电时活塞杆上升，断电时靠外力(如弹簧力等)返回 图 b 为常通二位三通电磁阀控制回路。断电时常通气流使活塞杆伸出，通电时靠外力返回
三位三通电磁阀控制回路		控制气缸的换向阀带有全封闭形中间位置，理论上可使气缸活塞在任意位置停止；但实际上由于漏损(即使微量)而降低了定位精度 此三位三通阀可用三位五通阀代替
二位三通阀代用回路		用两个二位二通电磁阀代替二位三通阀以控制单作用缸工作。图示位置为活塞杆缩回位置；需要活塞杆伸出时，必须两个二位二通阀同时通电换向
2. 双作用气缸换向回路		
二位五通单电(气)控阀控制回路	a)	图 a 为单电磁控制阀控制回路。电磁阀通电时换向，使活塞杆伸出。断电时，阀芯靠弹簧复位，使活塞杆收回

	简　　图	说　　明
2. 双作用气缸换向回路		
二位五通单电(气)控阀控制回路	b)	图 b 为单气控换向阀控制回路。切换二位三通阀时相应切换主气控阀，使活塞杆伸出。二位三通阀复位后主气控阀也复位，活塞杆缩回
二位五通阀代用回路		用两个二位三通电磁阀代替上述二位五通阀的控制回路中，两个阀一为常通，另一为常断，且两阀应同时动作，才能使活塞杆换向
二位五通双电(气)控阀控制回路	a)　b)	图 a 为双电控双作用缸换向回路 图 b 为双气控双作用缸换向回路。主控阀两侧的两个二位三通阀可作远距离控制用，但两阀必须协调动作，不能同时接通气源
三位五通双电控阀控制回路		此回路除可控制双作用缸换向外，气缸可以在中间位置停留

1.1.3　速度控制回路(见表 23.8-3)

表 23.8-3　气动速度控制回路及特点说明

简　图		说　明
1. 单作用缸速度控制回路		
调速回路	a)　b)	图 a 为采用节流阀的回路 图 b 为采用单向节流阀的回路。两单向节流阀分别控制活塞杆进退速度
快速返回回路		活塞返回时，气缸无活塞杆腔由于经快速排气阀直接排气，就使活塞杆快速返回
2. 双作用气缸速度控制回路		
调速回路	a)　b)	图 a 为采用单向节流阀的调速回路 图 b 为采用节流阀的调速回路 图 a、b 都是排气节流调速回路。对于气动，采用排气节流较进气节流效果好。因为，前者可使进气阻力小；且活塞在有背压情况下向前运动，运动较平稳，受外载变化的影响较小
缓冲回路	W　2　1 a)	缓冲回路即为行程末端变速回路 图 a 回路采用具有中位封闭机能的三位五通电磁阀 1 控制气缸的动作，电磁阀 1 和气缸有杆腔之间设置有一个溢流阀 2。当气缸快接近停止位置时，使电磁阀 1 断电。由于电磁阀的中位封闭机能，背压侧的气体只能通过溢流阀 2 流出，从而在有杆腔形成一个由溢流阀所调定的背压，起到缓冲作用。该回路的缓冲效果较好，但

简　图			说　明
缓冲回路		b)	停止位置的控制较困难，最好能和气缸内置的缓冲机构并用 图 b 当活塞杆伸出至撞块切换二通阀时开始缓冲。根据缓冲要求，可改变二通阀的安装位置，达到良好的缓冲效果。此回路适用于气缸惯性力大的场合
3. 气液联动速度控制回路			
气液传送器	调速回路	T　T	此回路通过改变油路中节流开度来达到两个运动方向的无级调速。它要求气液传送器 T 的油量大于液压缸的容积，并有一定余量，同时须注意气、油间的密封，以防气体混入油中
	变速回路(快进-慢进-快退)		当活塞杆伸出至撞块切换二通行程阀后，活塞运动开始从快进变为慢进。改变单向节流阀节流开度，可获任意低速
气液传动缸	调速回路	1　2	该回路通过调节两只速度控制阀 2 的节流开度来分别获得二个运动方向的无级调速。油杯 3 起补充漏油的作用 图中 1 为气液传动缸
	变速回路之一(快进-慢进-快退)	S′　S	图中回路为液压缸结构变速回路：当活塞右行至封住 S 孔开始，液压缸右腔油液只能被迫从孔经节流阀至其

（续）

		简　　图	说　　明			简　　图	说　　明
气液传动缸	变速回路之一（快进-慢进-快退）		左腔，这时快进变为慢进。此回路变速位置不能改变	气液传动缸	变速回路之三（中间位置停止）		回路中，阻尼缸与气缸并联，液压缸流量由单向节流阀来控制，可得平稳而一定的速度。弹簧式蓄能器2能调节阻尼缸中油量变化，且有补偿少量漏油作用。借助阻尼缸活塞杆上的调节螺母1，可使气缸开始时快速动作，当碰到螺母后，就由阻尼缸来控制，变为慢速前进。同时，由于主控阀采用了中间泄压式三位五通阀，所以当主控阀在中间位置时，油阻尼缸回路被二位二通阀3切断，活塞就停止在该位置上；当主控阀被切换到任何一侧，压缩空气就输入气缸，同时经梭阀使阀3换向，使液压回路接通阻尼缸起调速作用。并联活塞杆工作时由于产生附加弯矩，故应考虑设导向装置
	变速回路之二（快进-慢进-慢退-快退）	a)	图a回路为液压缸结构变速回路：当活塞右行至超过S孔时，开始从快进变为慢进。而当活塞左行时，由于其左腔油液只能被迫从S'孔经节流阀至其右腔，故为慢退，直至活塞左行到超过S孔时，才开始从慢退变为快退				
		b)	图b回路为采用行程阀的回路。慢退的实现是由于它比采用行程阀的快进→慢进→快退回路少了一只单向阀，活塞开始左行时其左腔的油液只能经节流阀流至其右腔				

1.1.4　位置控制回路（见表23.8-4）

表 23.8-4　气动位置控制回路及特点说明

	简　　图	说　　明		简　　图	说　　明
1. 有限（选定）位置控制回路			1. 有限（选定）位置控制回路		
缓冲挡块定位控制		当执行元件（如气缸活塞杆）把工件推到缓冲器1上时，使活塞杆缓冲进行一小段后，小车碰到定位块上，使小车强迫停止	气控机械定位机构		水平缸活塞杆前端连接齿轮齿条机构。当活塞杆及其上齿条1往复动作时，推动齿轮3往复摆动以带动齿轮上棘爪摆动，推动棘轮作单向间歇转动，从而带动与棘

（续）

	简 图	说 明
1. 有限(选定)位置控制回路		
气控机械定位机构		轮同轴的工作转台作间歇转动。工作台下带有凹槽缸口，当水平缸活塞杆回程时，即齿条脱开行程开关2时，使垂直缸电磁阀4切换，垂直缸活塞杆伸出，进入该凹槽缺口，使工作台正确定位
多位缸位置控制	a)	多位缸位置控制回路的特点是控制多位缸的活塞杆按设计要求，部分或全部伸出或缩回，以获得多个位置 图a利用三位六通阀的回路：当阀处于位置Ⅰ时，气缸处于图示位置（两端活塞杆处于收缩状态）；阀处于位置Ⅱ时，孔2、3进气，右活塞杆伸出；阀处于位置Ⅲ时，两端活塞杆全部伸出
	b)	图b由二位三通阀1、2、3控制两个换向阀4、5，使气缸两活塞杆处于所要求的位置：阀1动作时，两活塞杆均收进；阀2动作时，两杆一伸一缩；阀3动作时，两杆全部伸出
	c)	图c为四位置定位控制回路。图示位置为按动手控阀1时，压缩空气通过手控阀1，分两路分别由梭阀1′、4′控制两个二位五通阀使主气源进入多位缸而得到位置Ⅰ。当推动手控阀2、3或4时，可相应得到位置Ⅱ、Ⅲ或Ⅳ

	简 图	说 明
1. 有限(选定)位置控制回路		
多位缸位置控制	d)	图d为A、B两缸串列实现三位定位控制的回路。图示位置为A、B两缸的活塞杆均处于收进状态。当左阀2如图示状态而右阀1通电换向时，由于A缸活塞面积较B缸为大，故A缸活塞杆向左推动B缸活塞杆，其行程长为Ⅰ-Ⅱ。反之，当阀1如图示状态而阀2通电切换时，缸B活塞杆杆端由位置Ⅱ继续前进到Ⅲ(因缸B行程长为Ⅰ-Ⅲ)。此外，可在两缸端盖上f处与活塞杆平行安装调节螺钉，可微调行程位置
	e)	图e为三柱塞数字缸位置控制回路。A、B、C、D为气缸的四个通口：A、B、C供正常工作压力p_1，通口D供低压，以控制各柱塞复位或停于某个需要位置。1、2、3为三个柱塞。当控制不同换向阀工作时，可得到包括原始位置在内的活塞杆的八个位置：1、2、3三个柱塞各自分别伸出时可相应得到三个不同位置；1、2同时伸出，2、3同时伸出或1、3同时伸出时又可得三个不同位置；1、2、3全部伸出为此数字缸最大行程位置；1、2、3均收进为图示原始位置
2. 任意位置停止控制回路		
三位阀位置控制回路	用三位三通阀或三位、五通阀控制普通气缸位置(参阅表23.8-2中的有关回路)	三位三通阀控制普通单作用气缸，三位五通阀控制普通双作用气缸 这类位置控制回路由于要求气动系

（续）

	简　　图	说　　明		简　　图	说　　明
2. 任意位置停止控制回路			2. 任意位置停止控制回路		
三位阀位置控制回路	用三位三通阀或三位、五通阀控制普通气缸位置(参阅表 23. 8-2中的有关回路)	统，主要是缸与阀元件的密封性很严，否则不易正确控制位置，对于要求保持一定时间的中停位置更为困难。所以这类回路可用于不严格要求位置精度的场合	气液联动控制位置回路	b)	止时，将液压回路切断，迅速地使活塞停留在所要求的位置上 图 b 为采用气液阻尼缸的气液联动位置控制回路。换向阀 1 为中泄式三位五通阀。图示位置时，气液缸的气缸部分排空；而液压缸部分由于两位两通阀 3 处于封闭位置，回路断开，故可保持活塞杆停在该位置。当阀 1 切换时，由于压缩空气除进入气缸外，还可经梭阀 2 而切换阀3，使气液阻尼缸的阻尼油路通，即可由气缸推动液压缸工作
气液联动控制位置回路	a)	图 a 由于采用了气液传送器 2、3，所以与上述普通气缸的位置控制回路的精度要高得多。缸的活塞杆伸出端装有单向节流阀 4 以控制回路速度；缸的另一端装有两位两通换向阀 5，需要在中间位置停			

1. 1. 5　真空回路(见表 23. 8-5)

表 23. 8-5　真空回路

	简　　图	说　　明		简　　图	说　　明
由真空发生器组成的真空吸盘控制回路	用真空发生器组件组成的吸件与快速放件回路	由真空发生器 1、真空供给阀2、真空破坏阀 3、节流阀 4、真空开关 5、真空过滤器6、真空吸盘 7 组成的真空控制回路。当需要产生真空时，电磁阀2通电；当需要破坏真空快速放件时，电磁阀2 断电、电磁阀3通电。上述真空控制元件可组成为一体，形成一个真空发生器组件（如 FESTO 公司：VADMI －… －P/－N 型产品）	由真空发生器组成的真空吸盘控制回路	用真空发生器、小储气室等组成的吸件与快速放件回路	当接通 P 口压缩空气后，一路从 P 口进气经快排阀 2 左侧给储气室 1 充气；另一路由 P 口接通真空发生器 3 的气源使真空发生器经吸盘4 吸起物件 当切断 P 口供气后，储气室1 的压缩空气经快排阀2 右侧排出，破坏了吸盘 4 内的真空，将物件快速吹下。1、2、3 件可组成真空发生器组件（如 FESTO 公司：VAK－1/4 型产品）

（续）

	简 图	说 明
由真空发生器组成的真空吸盘控制回路	用一个真空发生器带动多个吸盘的回路	真空发生器1经分配器2、真空安全阀3（FESTO公司：ISV型阀）吸气带动吸盘4工作。如果某吸盘漏气没有盖住被吸件，阀3可自动关闭阀内的进气口停止吸入空气，保持系统在真空状态下正常工作
由真空泵组成的真空吸盘控制回路	用真空控制单元组成的吸件与快速放件回路	当电磁阀4通电时吸盘7抽真空。当电磁阀4断电、电磁阀3通电时，吸盘内的真空状态被破坏，将工件快速放下(1、2分别为真空泵、真空调压阀)。上述真空控制元件3、4、5(真空过滤
由真空泵组成的真空吸盘控制回路	用真空控制单元组成的吸件与快速放件回路	器)、6（真空开关）可组合为一体成为真空控制组件
	用一个真空泵控制多个真空吸盘的回路	若真空管路上安装多个吸盘，其中的一个吸盘有泄漏，将会引起真空压力源的压力变动，使真空度下降。使用真空罐3和真空调压阀2可提高真空压力的稳定性。也可在每条支路上安装真空安全阀或真空切换阀

1.2 应用回路

实际应用中经常遇到的应用回路简称常用回路。

1.2.1 安全保护回路(见表23.8-6)

表23.8-6 气动安全保护回路及特点说明

	简 图	说 明
1. 过载保护回路		
		气缸活塞在右行途中，若遇障碍或其他原因而使气缸过载时，气缸左腔压力急剧升高，当超过预定值时，顺序阀1打开，二通阀2打开，主控阀控制气由阀2排空而复位，从而使气缸左腔排气，活塞杆收回。因此本回路实质为限压回路
2. 互锁及供气选择回路		
互锁回路		互锁回路可保证同时只有一个缸动作。回路主要利用梭阀1、2、3及换向阀4、5、6进行互锁。如气控阀7动作，换向阀4换向使A缸动作；但同时缸A进气腔管路使梭阀1、2动作，把换向阀5、6锁住；这样，此时即使有气控阀8、9的动作信号，B、C缸也不会动作。如需换缸动作，必须把前面动作缸的气控阀复位才行
供气选择回路		此回路为四个空气供应站A、B、C、D的选择回路：同时只允许有一个站供气（输出）。其动作原理与上述互锁回路相似
3. 双手“同时”操作回路		
		此回路为需双手“同时”操作才能使活塞运动的回路。若双手不是“同时”按下，则气容3都将首先与阀1的排气口接通而排空，使无 K 信号。若阀1或2未能复位，则气容3都将得不到充气，亦就不可能有 K 气信号。故此回路能确保手的安全

1. 2. 2　往复动作回路(见表 23. 8-7)

表 23. 8-7　气动往复动作回路及特点说明

简　图		说　明
1. 单往复动作回路		
行程阀控制回路		这是利用右端行程阀控制的单(一次)往复动作回路。其结构较简单、操作方便(按一下左端按钮阀,气缸活塞进行一次往复动作)
延时返回回路		此回路与上述回路比较多了一个气容。活塞右行达到所定行程,压下行程阀后,气源对气容充气后主控阀才换向,使活塞返回
2. 连续往复动作回路		
a)		图 a 为较简单的利用行程阀实现连续自动往复的回路,其可靠性常取决于行程阀的密封性与弹簧的重量

简　图	说　明
2. 连续往复动作回路	
b) c)	图 b 为时间控制式回路。利用气容元件充气达一定值时切换主控阀,从而实现活塞行程连续自动往复。回路较图 a 复杂,但是可不用行程阀,且外接管路也较少(手动阀 1 用于启动和停止) 图 c 为压力控制式回路。它适用于行程短、不便安装行程阀的场合。当载荷变化较大时,为使缸正常工作,应使缸径选择有较大余量。当要求行程位置较准确时,主控阀应选为差压阀(如图 c 中之 1),两侧两个阀 2、3 也要选择合适

1. 2. 3　程序动作控制回路

程序动作控制回路在实际中应用广、类型多。下面以双缸程序动作为例说明(表 23. 8-8)。

1. 2. 4　同步动作控制回路(见表 23. 8-9)

表 23. 8-8　气动程序动作控制回路举例及特点说明

简　图	说　明
A_1—B_1—B_0—A_0 双缸程序动作回路	
	两缸 A、B 按 A_1—B_1—B_0—A_0 程序进行工作 回路中行程阀 b_1 为气控复位式的,它与 a_1、b_0 采用可通过式行程阀的回路比较,能在速度较快的情况下正常工作 图中 q 为起动阀。当按下 q 阀时,缸 A 的主控阀将气源与缸 A 左侧联通,使缸 A 处于 A_1 状态,以下即按程序 A_1—B_1—B_0—A_0 工作

表 23. 8-9　气动同步动作控制回路及特点说明

简　图	说　明
a) b) c)	图 a 为较简单的同步回路。使 A、B 两缸同步的主要措施是采用刚性零件 G 连接两缸的活塞杆 图 b 是通过把油封入回路中来达到两缸正确地同步的。由于两缸为单活塞杆缸故要求气液缸 B 的内径大于缸 A 的内径,以使气液缸 B 上腔的有效截面积与缸 A 的下腔截面积完全相等。若两缸为双活塞杆缸,则要求两缸内径与活塞杆直径均相等 图 c 是使加有不等载荷 F_1、F_2 的工作台作水平上下运动的同步动作回路。当三位主控阀处于中间位置时,蓄能器自动地通过补给回路对缸补充漏油。若主控阀处于另两位置,则蓄能器的补给回路被切断,回路中还安装了放气塞 1、2,可将混入油中的空气放掉并由蓄能器补油

2　气动系统设计的主要内容及设计程序

2.1　明确工作要求

1）运动和操作力的要求如主机的动作顺序、动作时间、运动速度及其可调范围、运动的平稳性、定位精度、操作力及联锁和自动化程度等。

2）工作环境条件如温度、防尘、防爆、防腐蚀要求及工作场地的空间等情况必须清楚。

3）与机、电、液控制相配合的情况，及对气动系统的要求要明确。

2.2　设计气控回路

1）列出气动执行元件的工作程序图。

2）画回路原理图。

3）为得到最佳的气控回路，设计时可作出几种方案进行比较，如对气控制、电-气控制等控制方案进行合理的选定。

2.3　选择、设计执行元件

其中包括确定气缸或气马达的类型、气缸的安装型式及气缸的具体结构尺寸（如缸径、活塞杆直径、缸筒壁厚）和行程长度、密封型式、耗气量等。设计中要优先考虑选用标准缸的参数。

2.4　选择控制元件

1）确定控制元件类型，根据表23.8-10进行比较而定。

表23.8-10　几种气控元件选用比较

比较项目＼控制方式	电磁气阀控制	气控气阀控制	气控逻辑元件控制
安全可靠性	较好（交流的易烧线圈）	较好	较好
恶劣环境适应性（易燃、易爆、潮湿等）	较差	较好	较好
气源净化要求	一般	一般	一般
远距离控制性，速度传递	好，快	一般，>10几毫秒	一般，几毫秒~10几毫秒
控制元件体积	一般	大	较小
元件无功耗气量	很小	很小	小
元件带负载能力	高	高	较高
价格	稍贵	一般	便宜

2）确定控制元件的通径，一般控制阀的通径可按阀的工作压力与最大流量确定。由表23.8-11初步确定阀的通径，但应使所选的阀通径尽量一致，以便于配管。对于减压阀的选择还必须考虑压力调节范围而确定其规格。

表23.8-11　标准控制阀各通径对应的额定流量①

公称通径/mm	$\phi3$	$\phi6$	$\phi8$	$\phi10$	$\phi15$	$\phi20$	$\phi25$	$\phi32$	$\phi40$	$\phi50$
$q10^{-3}/m^3\cdot s^{-1}$	0.1944	0.6944	1.3889	1.9444	2.7778	5.5555	8.3333	13.889	19.444	27.778
$q/m^3\cdot h^{-1}$	0.7	2.5	5	7	10	20	30	50	70	100
$q/L\cdot min^{-1}$	11.66	41.67	83.34	116.67	166.68	213.36	500	833.4	1166.7	1666.8

① 额定流量是限制流速在15~25m/s范围所测得国产阀的流量。

2.5　选择气动辅件

1）分水滤气器。其类型主要根据过滤精度要求而定。一般气动回路、截止阀及操纵气缸等要求过滤精度≤50~75μm，操纵气马达等有相对运动的情况取过滤精度≤25μm，气控硬配滑阀、精密检测的气控回路要求过滤精度≤10μm。

分水滤气器的通径原则上由流量确定（查表23.8-11），并要和减压阀相同。

2）油雾器。根据油雾粒径大小和流量来选取。当与减压阀、分水滤气器串联使用时，三者通径要一致。

3）消声器。可根据工作场合选用不同形式的消声器，其通径大小根据通过的流量而定。

4）储气罐。其理论容积可按《气压传动及控制》教材中介绍的经验公式计算，具体结构、尺寸可查《压缩空气站设计手册》。

2.6　确定管道直径、计算压力损失

1）各段管道的直径可根据满足该段流量的要求，同时考虑和前边确定的控制元件通径相一致的原则初步确定。初步确定管径后，要在验算压力损失后选定管径。

2）压力损失的验算。为使执行元件正常工作，

气流通过各种元件、辅件到执行元件的总压力损失，必须满足下式：

$$\left.\begin{aligned}\sum\Delta p\leqslant[\sum\Delta p]\\ \sum\Delta p_l+\sum\Delta p_\zeta\leqslant[\sum\Delta p]\end{aligned}\right\}\quad(23.8\text{-}1)$$

式中　$\sum\Delta p$——总压力损失，它包括所有的沿程损失 $\sum\Delta p_l$ 和所有的局部损失 $\sum\Delta p_\zeta$；

$[\sum\Delta p]$——允许压力损失可根据供气情况来定，一般流水线范围约 <0.01MPa，车间范围 <0.05MPa，工厂范围 <0.1MPa。

验算时，车间内可近似取 $[\sum\Delta p]\leqslant0.01\sim0.1$MPa。

实际计算总压力损失，如系统管道不特别长（一般 $l<100$m）。管内的表面粗糙度不大，在经济流速的条件下，沿程损失 $\sum\Delta p_l$ 比局部损失 $\sum\Delta p_\zeta$ 小得多，则沿程损失 $\sum\Delta p_l$ 可以不单独计入，可将总压力损失值的安全系数 $K_{\Delta p}$ 稍予加大。

局部损失 $\sum\Delta p_\zeta$ 中包含的流经弯头、断面突然放大、收缩等的损失 $\sum\Delta p_{\zeta1}$，往往又比气流通过气动元件、辅件的压力损失 $\sum\Delta p_{\zeta2}$ 小得多。因此对不做严格计算的系统，可用下式计算：

$$K_{\Delta p}\sum\Delta p_{\zeta2}\leqslant[\sum\Delta p]\quad(23.8\text{-}2)$$

式中　$\sum\Delta p_{\zeta2}$——流经元、辅件的总压力损失，可通过表 23.8-12 查出；

$K_{\Delta p}$——压力损失简化修正系数，$K_{\Delta p}=1.05\sim1.3$，对于管道较长，管道截面变化较复杂的情况可取大值。

如果验算的总压力损失 $\sum\Delta p\leqslant[\sum\Delta p]$，则上边初步选定的管径可定为所需要的管径。如果总压力损失 $\sum\Delta p>[\sum\Delta p]$，必须加大管径或改进管道的布置，以降低总压力损失，直到 $\sum\Delta p<[\sum\Delta p]$ 为止，所选的管径即为最后确定的管径。

表 23.8-12　通过气动元、辅件的压力损失 $\Delta p_{\zeta2}$　　（MPa）

元件名称 \ 额定流量下压力损失≤ \ 公称通径/mm				φ3	φ6	φ8	φ10	φ15	φ20	φ25	φ32	φ40	φ50
方向阀	换向阀	截止阀		0.025		0.022	0.015		0.01		0.009		
		滑阀		0.025		0.022	0.015		0.01	0.009			
	单向型控制阀	单向阀、梭阀、双压阀		0.025	0.022	0.02	0.015	0.012	0.01		0.009		0.008
		快排阀 P→A			0.022	0.02	0.012		0.01		0.009		0.008
	脉冲阀、延时阀			0.025									
流量阀	节流阀			0.025	0.022	0.02	0.015	0.012	0.01		0.009		0.008
	单向节流阀 P→A			0.025					0.02				
	消声节流阀				0.02	0.012	0.01		0.009				
压力阀	单向压力顺序阀			0.025	0.022	0.02	0.015	0.012					
辅件	分水滤气器过滤精度/μm		25		0.015				0.025				
			75		0.01				0.02				
	油雾器				0.015								
	消声器			0.022	0.02	0.012	0.01		0.009		0.008		0.007

注：其他元、辅件可通过实验或按上表各件压力损失类比选定。

2.7　快速估算气动阀类元件、气源调节装置（三联件）、管道等通径的方法

通常，气动系统是根据供气压力和推动（或拉动）负载力的大小确定气缸缸径的。当气缸选定后，可根据气缸供气口的接管螺纹尺寸按表 23.8-13查得气缸供气口的通径。此通径即为控制该气缸的阀类、三联件、管道等的通径。由此通径及供气压力等因素可选定阀、三联件等的具体型号。

表 23.8-13　由气缸供气口接管螺纹确定阀类元件、三联件、管道的通径

公称通径/mm		3	4	5、6	8	10、12	15	20	25	32	40	50
气缸供气口接管螺纹	in			1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
	管接头螺纹/mm			M10×1	M14×1.5	M18×1.5	M22×1.5	M27×2	M33×2	M42×2	M48×2	M60×2

2.8 选择空气压缩机(空压机)

2.8.1 计算空压机的供气量

空压机的供气量 q_j 可由下式算得：

$$q_j = \psi K_1 K_2 \sum_{l=1}^{n} q_z \qquad (23.8\text{-}3)$$

式中 ψ——利用系数；

K_1——漏损系数，$K_1 = 1.15 \sim 1.5$；

K_2——备用系数，$K_2 = 1.3 \sim 1.6$；

q_z——一台设备在一个周期内的平均用气量(自由空气量)(m^3/s)；

n——用气设备台数。

2.8.2 计算空压机的供气压力

空压机的供气压力 $p_g = p + \sum \Delta p$ (23.8-4)

式中 p——用气设备使用的额定压力(表压)(MPa)；

$\sum \Delta p$——气动系统的总压力损失。

例 设计某厂鼓风炉钟罩式加料装置气动系统。加料机构如图23.8-1所示。图23.8-1a中，Z_A、Z_B 分别为鼓风炉上、下部两个料钟(顶料钟、底料钟)，W_A、W_B 分别为顶、底料钟的配重，料钟平时均处于关闭状态。图中A与B分别为操纵顶、底两个料钟开、闭的气缸。

解 (1) 工作要求及环境条件

1) 工作要求。具有自动与手动加料两种方式。自动加料时，吊车把物料运来，顶钟 Z_A 开启卸料于两钟之间；然后延时发信号，使顶钟关闭；底钟打开，卸料到炉内，再延时(卸完料)关闭底钟，循环结束。

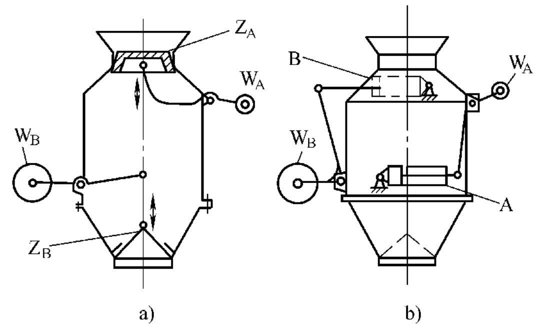


图23.8-1 鼓风炉加料装置气动机构示意图
a) 剖视图 b) 外形示意图

顶、底料钟开闭动作必须联锁，可全部关闭但不许同时打开。

2) 运动要求。料钟开或闭一次的时间 $t_2 \leqslant 6s$，两气缸行程 s 均为600mm。活塞平均速度 $v = \dfrac{s}{t_2} = \dfrac{600}{6} = 0.1m/s$；要求行程末端平缓些。

3) 动力要求。顶部料钟的操作力(打开料钟的气缸推力)为 $F_{ZA} \geqslant 5.10kN$；底部料钟开启作用力为 $F_{ZB} \geqslant 24kN$。

4) 工作环境。环境温度30~40℃，灰尘较多。

(3) 回路设计

1) 气动执行元件的工作程序

$$\text{加料吊车放罐压}\ x_0 \xrightarrow{x_0} \text{顶钟开} \xrightarrow{\text{延时}} \text{顶钟闭} \rightarrow \text{底钟开} \xrightarrow{\text{延时}} \text{底钟闭} \xrightarrow{x_0} A_1 \xrightarrow[\text{延时}]{a_1} A_0 \xrightarrow{a_0} B_0 \xrightarrow[\text{延时}]{b_0} B_1$$

2) 回路原理图(见图23.8-2)。

回路图中 YA_1 和 YA_2 为延时换向阀(常断延时通型)，由该阀延时经主控阀 QF_A、QF_B 放大去控制缸 A_1 和缸 B_0 状态。料钟靠自重关闭。

(2) 选择执行元件

1) 确定执行元件类型。由于料钟开闭(升降)行程较小，炉体结构限制(料钟中心线上下方不宜安装气缸)及安全性要求(机械动力有故障时，两料钟处于封闭状态)，故采用重力封闭方案，如图23.8-2所示。同时，在炉体外部配备使料钟开启(即配重抬起)的传动装置，由于行程小，故采用摆块机构，即相应地采用尾部铰接式气缸做执行元件。

考虑料钟的开启动作是：开启靠气动，关闭靠配重，所以选用单作用缸。又考虑开闭平稳，可采用两端缓冲的气缸。因此，初步选择执行元件为两条标准缓冲型、尾部铰接式气缸。

2) 主要参数尺寸。气缸内径D：顶部料钟气缸，其内径由下式计算，即

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{F_1}{p\eta}}$$

式中 工作推力 $F_1 = F_{ZA} = 5.1 \times 10^3 N$，当 $v \leqslant 0.2m/s$ 时，$\eta = 0.8$，$p = 0.4MPa$ 则

$$D_A = \sqrt{\frac{4}{3.14} \times \frac{5.1 \times 10^3}{4 \times 10^s \times 0.8}} m = 0.142m$$

选取标准缸径 $D_A = 160mm$(见表23.1-4)，行程 $s = 600mm$(见表23.1-6~表23.1-8)。

底钟气缸，由于炉体总体布置限制，气缸输出拉力，由下式计算：

$$D_B = (1.01 \sim 1.09) \sqrt{\frac{4F_2}{\pi p \eta}}$$

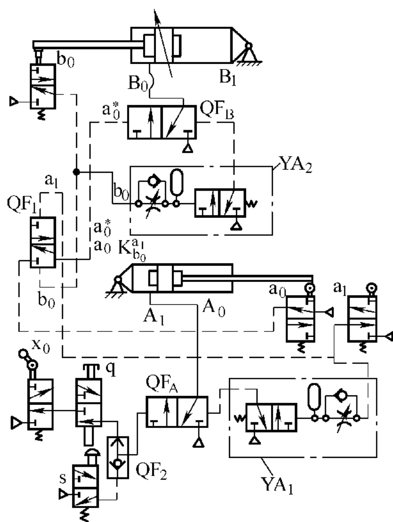


图 23.8-2　程序 $\xrightarrow[\text{手动}]{x_0} A_1 \xrightarrow[\text{延时}]{a_0} A_0 \xrightarrow{a_0} B_0 \xrightarrow[\text{延时}]{b_0} B_1$ 回路原理图

考虑缸径较大，取上式前边的系数为 1.03，且当

$v \leqslant 0.2\text{m/s}$ 时，$\eta = 0.8$，$F_2 = 2.4\times10^4\text{N}$，$p = 4\times10^5\text{Pa}$，则

$$D_B = 1.03\sqrt{\frac{4\times2.4\times10^4}{3.14\times4\times10^5\times0.8}}\text{m} = 0.318\text{m}$$

选择标准缸径 $D_B = 320\text{mm}$（见表 23.1-4），行程 $s = 600\text{mm}$（见表 23.1-6 ~ 表 23.1-8）。

综上，取顶钟气缸 A 为：气缸 JB160 × 600（见表 23.4-46）；取底钟气缸 B 为：气缸 JB320 × 600（见表 23.4-46），活塞杆直径 $d = 90\text{mm}$。

3）耗气量计算

缸 A：已知缸径 $D_A = 160\text{mm}$，行程 $s = 600\text{mm}$，全行程需时间 $t_1 = 6\text{s}$，压缩空气量

$$q_A = \frac{\pi}{4}D^2\frac{s}{t_1} = \frac{3.14}{4}\times0.16^2\times\frac{0.6}{6}\text{m}^3/\text{s} = 2.01\times10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$$

缸 B：已知 $D_B = 320\text{mm}$，$s = 600\text{mm}$，$t_2 = 6\text{s}$，缸 B 是有杆腔供气，耗气量为

$$q_B = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)\frac{s}{t_2} = \frac{3.14}{4}(0.32^2 - 0.09^2)\times\frac{0.6}{6}\text{m}^3/\text{s} = 7.41\times10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$$

（4）选择控制元件

1）选择类型。根据系统对控制元件工作压力及流量的要求，按照气动回路原理图初选各控制阀如下：

主控换向阀：QF_A、QF_B 均为 K23JK-（防尘截止式阀），通径待定；延时换向阀 YA_1、YA_2 初选为 K23Y-L6-J；

行程阀：x_0 初选为可通过式，其型号为 $Q23C_4C$-L3；

行程阀：a_0、a_1、b_0 初选为杠杆滚轮式，其型号为 $Q23C_3C$-L3；

气控阀：QF_1 初选为 $K23JK_2$-6 两位三通双气控阀；

梭阀：QF_2 初选为 QS-L3 型；

手动阀：q 初选为推拉式，其型号为 $Q23R_5C$-L3；

手动阀：s 初选为按钮式，其型号为 $Q23R_1C$-L3。

2）选择主控阀。对 A 缸主控换向阀 QF_A 的选择：

因 A 缸要求压力 $p_B = 0.4\text{MPa}$，流量 $q_A = 2.01\times10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$，查表 23.8-11 初选 QF_A 的通径为 15mm，其额定流量 $2.778\times10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$。故初选其型号为 K23JK-15。

B 缸主控换向阀 QF_B 的选择：

因 B 缸要求压力 $p_B < 0.4\text{MPa}$，流量 $q_B = 7.41\times10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$，故初选其型号为 K23JK-25。

3）选择减压阀。根据系统所要求的压力、流量，同时考虑到 A、B 缸因联锁关系不会同时工作的特点，按其中流量、压力消耗最大的一个缸（B 缸）选择减压阀。由供气压力为 0 ~ 0.7MPa，额定流量为 $8.3333\times10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$，选择减压阀，型号为 AR5000-10。

（5）选择气动辅件

辅件的选择要与减压阀相适应。

分水滤气器：AF5000-10；

油雾器：AL5000-10；

消声器：配于两主控阀排气口、气缸排气口处，起消声、滤尘作用。对于 A 缸及主控阀选 QXS-L15，对于 B 缸及主控阀选 QXS-L25。

（6）确定管道直径、验算压力损失

1）确定管径。本例按各管径与气动元件通径一致的原则，初定各段管径（见图 23.8-3）。同时考虑 A、B 缸不同时工作的特点，按其中用气量最大的 B 缸主控阀的通径初步确定 *oe* 段的管径为 25mm。而总气源管 *yo* 段的管径，考虑为两台炉子同时供气、由流量为供给两台炉子流量之和的关系 $q = \frac{\pi}{4}d^2v = \frac{\pi}{4}d_1^2v + \frac{\pi}{4}\times d_2^2v$，可得：$d = \sqrt{d_1^2 + d_2^2} = \sqrt{25^2 + 25^2}\text{mm} = 35.4\text{mm}$。取标准管径为 40mm。

2）验算压力损失。如图 23.8-3 所示，本例中验算供气管 *y* 处到 A 缸进气口 *x* 处的损失（因 A 缸的管径较小，损失要比 B 缸管路的大），看其值是否满足 $\sum\Delta p \leqslant [\sum\Delta p]$。

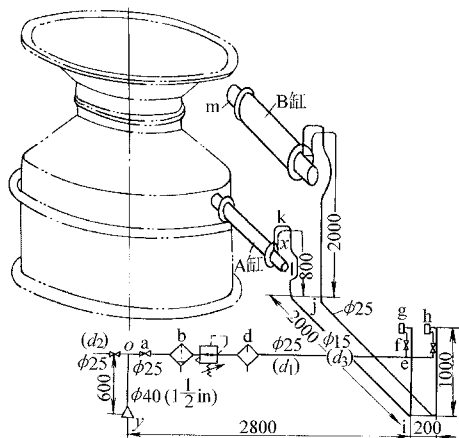


图 23.8-3 管道的布置示意图

沿程压力损失

① y—o 段的沿程压力损失

$$\Delta p_l=\lambda\ \frac{l}{d}\times\frac{\rho v^2}{2}$$

式中 Δp_l——沿程压力损失；

d——管内径，$d\geqslant 0.04$m；

l——管长，$l=0.6$m；

v——管中流速，$v_1=\dfrac{q}{A}=\dfrac{2\times 7.41\times10^{-3}}{\dfrac{\pi}{4}\times0.04^2}$m/s

$=11.8$m/s；

λ——沿程阻力系数，由雷诺数 Re 和管壁相对表面粗糙度$\dfrac{\varepsilon}{d}$确定。

根据温度 30℃，由表 23.2-6 查得运动黏度 $\upsilon=1.66\times10^{-5}\mathrm{m^2/s}$

$$Re=\frac{v_1 d}{\upsilon}=\frac{11.8\times0.04}{1.66\times10^{-5}}=2.84\times10^4$$

$$\frac{\varepsilon}{d}=\frac{0.04}{40}=0.001$$

根据 Re、$\dfrac{\varepsilon}{d}$得 $\lambda=0.0265$，温度 30℃，压力 0.4MPa 时，空气密度值由式(23.2-2)算出

$$\rho=1.293\times\frac{273}{273+30}\times\frac{0.4+0.1013}{0.1013}\mathrm{kg/m^3}$$
$$=5.76\mathrm{kg/m^3}$$

$$\Delta p_l=0.0265\times\frac{0.6}{0.04}\times\frac{5.76\times11.8^2}{2}\mathrm{Pa}$$
$$=162.4\mathrm{Pa}=1.62\times10^{-4}\mathrm{MPa}$$

② o—e 段的沿程压力损失

$$v_2=\frac{q_2}{A_2}=\frac{7.41\times10^{-3}}{\dfrac{\pi}{4}\times0.025^2}\mathrm{m/s}=15.1\mathrm{m/s}$$

$$Re_2=\frac{v_2 d_2}{\upsilon}=\frac{15.1\times0.025}{1.66\times10^{-5}}=2.27\times10^4$$

由$\dfrac{\varepsilon}{d_2}=\dfrac{0.04}{25}=0.0016$ 和$Re_2=2.27\times10^4$ 由流体力学相关资料查得 $\lambda_2=0.029$

$$\Delta p_{l2}=\lambda_2\frac{L_2}{d_2}\times\frac{\rho v_2^2}{2}$$
$$=0.029\times\frac{2.8}{0.025}\times\frac{5.76\times15.1^2}{2}\mathrm{Pa}$$
$$=2132.6\mathrm{Pa}=2.132\times10^{-3}\mathrm{MPa}$$

③ e—x 段沿程压力损失

$$v_3=\frac{q_3}{A_3}=\frac{2.01\times10^{-3}}{\dfrac{\pi}{4}\times0.015^2}\mathrm{m/s}=11.38\mathrm{m/s}$$

$$Re_3=\frac{v_3 d_3}{\upsilon}=\frac{11.38\times0.015}{1.66\times10^{-5}}=1.03\times10^4$$

由$\dfrac{\varepsilon}{d_3}=\dfrac{0.04}{15}=0.00267$，$Re_3=1.03\times10^4$

可查得 $\lambda_3=0.035$

$$\Delta p_{l3}=0.035\times\frac{3.8}{0.015}\times\frac{5.76\times11.38^2}{2}\mathrm{Pa}=3307\mathrm{Pa}$$
$$=3.31\times10^{-3}\mathrm{MPa}$$

④ 由 y—x 的所有沿程损失

$$\sum\Delta p_l=\Delta p_l+\Delta p_{l1}+\Delta p_{l3}$$
$$=(1.62\times10^{-4}+2.13\times10^{-3}+3.31\times10^{-3})\mathrm{MPa}$$
$$=5.60\times10^{-3}\mathrm{MPa}$$

局部压力损失

1）流经管路中的局部压力损失

$$\sum\Delta p_{\zeta1}=\sum\zeta\frac{\rho v^2}{2g}$$

$$\sum\zeta=\zeta_y+\zeta_o+\zeta_a+\zeta_e+\zeta_f+\zeta_g+\zeta_h+\zeta_i+\zeta_j+\zeta_l+\zeta_k+\zeta_x$$

各局部阻力系数

ζ_y——入口局部阻力系数 $\zeta_y=0.5$；

ζ_o、ζ_e——分别为三通管局部阻力系数 $\zeta_o=2$，$\zeta_e=1.2$；

ζ_a、ζ_f——流经截止阀处局部阻力系数 $\zeta_a=\zeta_f=3.1$；

ζ_h、ζ_i、ζ_j、ζ_k——弯头局部阻力系数，分别为 $\zeta_h=\zeta_i=\zeta_j=0.29$，$\zeta_k=2\times2\times0.29=0.58$；

ζ_l——软管处局部阻力系数，近似计算

$$\zeta_l=2\times\left(0.16\times\frac{45°}{90°}\right)=0.16;$$

ζ_k——出口局部阻力系数，$\zeta_k=1$；

$$\sum\Delta p_{\zeta1}=\left[0.5\times\frac{11.8^2}{2}+(2+3.1)\times\frac{15.1^2}{2}+(1.2+3.1+0.29+0.29+0.29+0.16+2\times0.29+1)\times\frac{11.38^2}{2}\right]\times5.76\mathrm{Pa}$$
$$=6126\mathrm{Pa}=6.126\times10^{-3}\mathrm{MPa}$$

2）流经元、辅件的压力损失。流经减压阀的压力损失较小可忽略不计，其余损失：

$$\sum \Delta p_{\zeta 2} = \Delta p_b + \Delta p_d + \Delta p_g$$

式中　Δp_b——流经分水滤气器的压力损失；

Δp_d——流经油雾器的压力损失；

Δp_g——流经截止式换向阀的压力损失。

查表 23.8-12 得 $\Delta p_b = 0.02\text{MPa}$，$\Delta p_d = 0.015\text{MPa}$，$\Delta p_g = 0.015\text{MPa}$。

$$\sum \Delta p_{\zeta 2} = (0.02 + 0.015 + 0.015)\text{MPa} = 0.05\text{MPa}$$

3）总局部压力损失

$$\sum \Delta p_\zeta = \sum \Delta p_{\zeta 1} + \sum \Delta p_{\zeta 2} = (6.126 \times 10^{-3} + 0.05)\text{MPa} = 0.0561\text{MPa}$$

总压力损失

$$\sum \Delta p = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_\zeta = (5.60 \times 10^{-3} + 0.0561)\text{MPa} = 0.062\text{MPa}$$

考虑排气口消声器等未计入的压力损失：

$$\sum \Delta p_{\text{j}} = K_{\Delta p} \sum \Delta p$$

$$K_{\Delta p} = 1.05 \sim 1.3，取 K_{\Delta p} = 1.1$$

则 $\sum \Delta p_{\text{j}} = 1.1 \sum \Delta p = 1.1 \times 0.062\text{MPa} = 0.068\text{MPa}$

从 $\sum \Delta p$ 的计算可知，压力损失主要在气动元、辅件上，所以在不要求精确计算的场合，只要在安全系数 $K_{\Delta p}$ 中取较大值就可以了。

$$\sum \Delta p_{\text{j}} = 0.068\text{MPa} \leqslant [\sum \Delta p] = 0.1\text{MPa}$$

执行元件需工作压力 $p = 0.4\text{MPa}$，压力损失 $\sum \Delta p_{\text{j}} = 0.068\text{MPa}$。供气压力为 $0.5\text{MPa} > p + \sum \Delta p_{\text{j}} = 0.469\text{MPa}$，说明供气压力满足执行元件需要的工作压力，故以上选择的通径和管径是可行的。

（7）空压机的选择

在选择空压机之前，必须算出自由空气量（一个标准大气压状态下的流量）q'：

$$q'_{\text{A}} = q_{\text{A}} \frac{p + 0.1013}{0.1013} = 2.01 \times 10^{-3} \times \frac{0.4 + 0.1013}{0.1013}\text{m}^3/\text{s} = 9.95 \times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$$

$$q'_{\text{B}} = q_{\text{B}} \frac{p + 0.1013}{0.1013} = 7.41 \times 10^{-3} \times \frac{0.4 + 0.1013}{0.1013}\text{m}^3/\text{s} = 3.68 \times 10^{-2}\text{m}^3/\text{s}$$

气缸的理论用气量由下式计算：

$$\sum_{i=1}^{n} q_{\text{Z}i} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\sum_{j=1}^{m} (a q_{\text{Z}i} t)_j}{T}$$

式中　$q_{\text{Z}i}$——一台用气设备上的气缸总用气量；

n——用气设备台数，本例中考虑左右两台炉子有两组同样的气缸，因此 $n = 2$；

m——一台设备上的用气执行元件数量，本例中一台炉子上有 A、B 两气缸用气，所以 $m = 2$；

a——气缸在一个周期内单程作用次数，本例中一次每个气缸在一个周期内单程作用一次，$a = 1$；

$q_{\text{Z}j}$——一台设备中某一气缸在一个周期内的平均用气量，本例中 $q'_{\text{A}} = 9.95 \times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$，$q'_{\text{B}} = 3.68 \times 10^{-2}\text{m}^3/\text{s}$；

t——某个气缸一个单行程的时间，本例中 $t_{\text{A}} = t_{\text{B}} = 6\text{s}$；

T——某设备的一次工作循环时间，本例中 $T = 2t_{\text{A}} + 2t_{\text{B}} = 24\text{s}$。

若考虑左右两台炉子的气缸都由一台空压机供气，则气缸的理论用气量

$$\sum_{i=1}^{n} q_{\text{Z}i} = 2 \times \frac{1 \times q'_{\text{A}} t_{\text{A}} + 1 \times q'_{\text{B}} t_{\text{B}}}{24} = 2 \times \frac{1 \times 9.95 \times 10^{-3} \times 6 + 1 \times 3.68 \times 10^{-2} \times 6}{24}\text{m}^3/\text{s} = 2.34\text{m}^3/\text{s}$$

取设备利用系数 $\phi = 0.95$；漏损系数 $K_1 = 1.2$；备用系数 $K_2 = 1.4$，则两台炉子气缸的理论用气量：

$$q_j = 0.95 \times 1.2 \times 1.4 \sum_{i=1}^{n} q_{\text{Zj}} = 3.73 \times 10^{-2}\text{m}^3/\text{s} = 2.24\text{m}^3/\text{min}$$

如无气源系统而需单独供气时，可按供气压力≥0.5MPa，流量 $q_j = 2.24\text{m}^3/\text{min}$，选用 TIGER-15 型空压机（见表 23.3-6），该空压机的额定排气压力为 0.7MPa 时，额定排气量为 $2.62\text{m}^3/\text{min}$（自由空气流量）。

第 9 章　气动系统的维护与故障处理

1　气动系统的维护和保养

1.1　维护的任务及管理(见表 23.9-1)

表 23.9-1　维护的任务及管理

维护的任务	维护的中心任务是保证供给气动系统清洁干燥的压缩空气；保证油雾润滑元件得到必要的润滑；保证气动元件和系统得到规定的工作条件(如压力、流量、电压等)；保证气动系统的密封性；保证执行机构按预定的要求工作
管理的方法	维护工作可以分为日常的维护工作与定期的维护工作。前者是每天必须进行的维护工作，后者是每周、每月或每季度、每年进行的维护工作。维护工作应该有记录，以利于今后的故障诊断与处理 维护管理者应能充分了解元件的功能、构造、性能。在购入元件设备时，应根据生产厂家的样本等技术资料对元件的功能、性能进行调查。因生产厂家的试验条件与用户的实际使用条件有所不同，所以，有必要进行实际测试，根据实测的数据进一步掌握元件的性能

1.2　维护的原则

1）了解元件的结构、原理、性能、特征及使用方法和注意事项。

2）检查元件的使用条件是否正确。

3）掌握元件的寿命及使用条件。

4）了解易发生的故障和预防的措施。

5）准备好管理手册，定期进行检修。

6）备好备件。

2　维护工作内容

2.1　日常性维护工作内容(见表 23.9-2)

表 23.9-2　日常性的维护工作

日常性维护工作的主要任务是冷凝水的排放，检查润滑油和空压机系统的运行。冷凝水的排放涉及到整个气动系统，从空压机、后冷却器、储气罐、空气过滤器、干燥机、管道系统等。在工作结束时，应将各冷凝水排放掉，以防夜间温度低于0℃引起冷凝水结冰。由于夜间管道内温度下降，会进一步析出冷凝水，所以，气动装置在每天工作前，也应将冷凝水排出。注意检查自动排水器是否正常工作，水杯内不应存有过量水 在气动装置工作时，应检查油雾器的滴油是否符合要求(一般油滴不低于5 滴/min)，油中不应混入灰尘和水分等 空压机系统的日常管理工作是：是否做到向后冷却器提供了冷却水(指水冷式空压机)；空压机有无异常声音和异常发热；润滑油位是否正常

2.2　定期维护工作内容(见表 23.9-3)

表 23.9-3　定期维护工作内容

定期的维护工作	每周的维护工作	每周的维护工作主要内容是漏气检查和油雾器管理。漏气检查应在白天车间休息的空闲时间或下班后进行。这时气动设备已停止工作，车间内噪声小，但管道内还有一定的空气压力，根据漏气的声音可知何处存在泄漏。泄漏应及时处理并做好记录	
		泄 漏 部 位	泄 漏 原 因
		空气过滤器的排水阀	混入灰尘
		空气过滤器的水杯	水杯破裂
		减压阀阀体	紧定螺钉松动
		减压阀的溢流孔	灰尘混入溢流阀座，阀杆动作不良，膜片破裂(恒量排气式减压阀有微泄是正常的)
		油雾器器体	密封圈不良
		油雾器油杯	油杯破裂
		油雾器调节针阀	针阀阀座损伤、针阀未紧固
		换向阀排气口	密封不良、弹簧折断或损伤、混入灰尘、气缸的活塞密封不良，气压不足
		快排阀漏气	密封圈损坏、混入灰尘
		安全阀(溢流阀)出口侧	压力调整不合要求、弹簧折断、密封圈损坏，混入灰尘

（续）

<table>
<tr><td rowspan="24">定期的维护工作</td><td rowspan="7">每周的维护工作</td><td>泄 漏 部 位</td><td>泄 漏 原 因</td></tr>
<tr><td>气缸缸体</td><td>密封圈损坏，螺钉松动，活塞损伤</td></tr>
<tr><td>软管</td><td>软管破裂或拉脱</td></tr>
<tr><td>管子连接部位</td><td>连接部位松动</td></tr>
<tr><td>管接头连接部位</td><td>接头松动</td></tr>
<tr><td colspan="2">给油雾器补油时应注意油量减少的情况。若耗油量太少，应重新调整滴油量。调整后的油量仍少或不滴油，应检查油雾器进出口是否装反、油道是否堵塞，所选油雾器规格是否恰当</td></tr>
<tr><td colspan="2">每月或每季度的维护工作应比每日每周的工作更仔细，但仍然限于外部检查的范围。其主要工作内容是仔细检查各处泄漏情况，紧固松动的螺钉和管接头，检查换向阀排出空气的重量，检查换向阀切换动作的可靠性，检查各调节部件的灵活性，检查各指示仪表的正确性，检查气缸活塞杆的重量以及一切从外部能检查的内容</td></tr>
<tr><td rowspan="16">每月或每季度的维护工作</td><td>元　　件</td><td>维 护 内 容</td></tr>
<tr><td>过滤器</td><td>过滤器进、出口的压差是否超过允许压降</td></tr>
<tr><td>自动排水器</td><td>能否自动排水，手动操作装置能否正常动作</td></tr>
<tr><td>减压阀</td><td>转动手柄，压力能否调节。当系统压力为零时，观察压力表是否回零</td></tr>
<tr><td>电磁阀</td><td>检查电磁线圈的温度，检查阀的切换动作是否正常</td></tr>
<tr><td>换向阀的排气口</td><td>查油雾喷出量，查有无冷凝水排出，查有无漏气</td></tr>
<tr><td>气缸</td><td>查气缸运动是否平稳，速度及循环周期有无明显变化，气缸安装架有无松动和异常变形、活塞杆部位有无漏气、活塞杆表面有无锈蚀、划伤、偏磨</td></tr>
<tr><td>空压机</td><td>入口过滤网眼是否堵塞</td></tr>
<tr><td>安全阀</td><td>使压力高于设定压力、观察安全阀能否溢流</td></tr>
<tr><td>压力开关</td><td>在最高和最低设定压力时，观察压力开关能否正常接通或断开</td></tr>
<tr><td>调速阀</td><td>调节节流阀开度检查能否对气缸进行速度控制</td></tr>
<tr><td>压力表</td><td>各压力表的指示是否在规定范围内</td></tr>
<tr><td colspan="2">检查漏气时可采用各检查点涂肥皂液的办法，其显示漏气的效果比听声音更灵敏。检查换向阀排出空气的重量时应注意：一是了解不应该排气的排气口是否有漏气，少量漏气预示元件的早期损伤(间隙密封阀出现微泄是正常的)；二是了解排气中所含润滑油量是否适量，其方法是将一张清洁的白纸放在换向阀的排气口附近，阀在工作三至四个循环后，若白纸上只有很轻的斑点，反映润滑良好；三是了解排气中是否含有冷凝水。若润滑不良，应考虑油雾器安装的位置是否合适，所选的规格是否恰当，滴油量调节是否合理，管理方法是否符合要求。若有冷凝水排出，应考虑过滤器的位置、各类除水元件设计选用是否合理，冷凝水管理是否符合要求。泄漏的主要原因一般是阀内或缸内密封不良、复位弹簧生锈或折断、气压不足引起的。间隙密封阀的泄漏较大时，可能是阀芯、阀套磨损造成的</td></tr>
<tr><td colspan="2">使电磁换向阀反复切换，从切换声音能判断阀的工作是否正常。对交流电磁阀，如有蜂鸣声，可能是动铁芯与静铁芯没有完全吸合，吸合面有灰尘，分磁环损坏或脱落等</td></tr>
<tr><td colspan="2">安全阀、紧急开关阀等，平时很少使用，定期检查时，必须认定它们动作的可靠性</td></tr>
<tr><td colspan="2">气缸活塞杆经常露在外面。观察活塞杆是否被划伤、腐蚀和存在偏磨。根据有无漏气，可以断定活塞杆与导向套，密封圈的接触情况，气缸是否存在横向载荷、压缩空气处理重量等</td></tr>
<tr><td>大修</td><td colspan="2">一般来说，一年到二年间大修。在清洗元件时，必须使用优质的煤油，清洗后涂上润滑油(黄油或透平油)再组装。尽量不使用能对橡胶。塑料构成的零、部件有损坏的汽油、柴油等有机溶剂进行清洗</td></tr>
</table>

3　故障诊断与处理

3.1　故障的种类与故障诊断方法(见表 23.9-4)

表 23.9-4　故障的种类与故障诊断方法

<table>
<tr><td rowspan="4">故障种类</td><td colspan="2">故障发生的时期不同，故障的内容和原因也不同</td></tr>
<tr><td rowspan="3">初期故障</td><td>在调试阶段和开始运转的二、三个月内发生的故障称为初期故障。其产生的原因如下：</td></tr>
<tr><td>1）设计错误。设计元件时对元件的材料选用不当，加工工艺要求不合理等。对元件的功能、性能了解不够，造成回路设计时元件选择不当。设计的空气处理系统不能满足要求，回路设计出现错误</td></tr>
</table>

（续）

<table>
<tr><td rowspan="3">故障种类</td><td>初期故障</td><td>2）元件加工、装配不良。如元件内孔的研磨不合要求，零件毛刺未清除干净，不清洁安装，零件装反、装错，装配时对中不良，零件材质不符合要求，外购零件(如弹簧、密封圈)重量差等
3）装配不合要求。装配时，元件及管道内吹洗不干净，使灰尘、密封材料碎沫等杂质混入，造成气动系统的故障，装配气缸时存在偏心。管道的固定、防振等没有采取有效措施
4）维护管理不善，如没及时排除冷凝水、没及时给油雾器补油等</td></tr>
<tr><td>突发故障</td><td>系统在稳定运行期间突然发生的故障。如，空气或管路中，残留的杂质混入元件内部，突然使相对运动件卡死；弹簧突然折断、电磁线圈突然烧毁；软管突然破裂；油杯和水杯都是用聚碳酯材料制成的，若它们在有机溶剂的雾气中工作，就有可能突然破裂；突然停电造成的回路误动作等
有些突发故障是有先兆的。如电磁线圈过热，预示电磁阀有烧毁的可能；换向阀排出的空气中出现水分和杂质，反映过滤器已失效，应及时查明原因，予以排除，不要酿成突发故障。但有些突发故障是无法预测的，只有准备一些易损件以备及时更换失效元件，或采取安全措施加以防范</td></tr>
<tr><td>老化故障</td><td>个别或少数元件已达到使用寿命后发生的故障称为老化故障。应参考各元件的生产日期，开始使用日期，使用的频度和已经出现的某些预兆，如泄漏越来越大、气缸运行不平稳、反常声音等，大致预测老化故障的发生期限是可能的</td></tr>
<tr><td rowspan="2">故障的诊断法</td><td>经验法</td><td>主要依靠实际经验，借助简单的仪表，诊断故障发生的部位，找出故障产生原因的方法，称为经验法：
1）眼看。看执行元件运动速度有无异常变化；各压力表的显示是否符合要求，有无大的波动；润滑油的重量和滴油量是否符合要求；冷凝水能否正常排出；换向阀排气口排出空气是否干净；电磁阀的指示灯显示是否正常；管接头、紧固螺钉有无松动；管道有无扭曲和压扁；有无明显振动现象等
2）手摸。如手摸相对运动件外部的温度、电磁线圈处的温升等，手摸 2s 感到烫手，应查明原因；气缸、管道等处有无振动，活塞杆有无爬行感，各接头及元件处有无漏气等
3）耳听。耳听气缸、换向阀换向时有无异常声音；系统停止工作但尚未泄压时，各处有无漏气声音等
4）鼻闻。闻一闻电磁线圈和密封圈有无过热发出特殊的气味等
5）查阅。查阅气动系统的技术档案，了解系统的工作程序、动作要求；查阅产品样本，了解各元件的作用、结构、性能；查阅日常维护记录；访问现场操作人员，了解故障发生前和发生时的状况，了解曾出现过的故障及排除方法
经验法简单易行，但因每个人的实际经验、感觉、判断能力的差别，诊断故障会产生一定的局限性</td></tr>
<tr><td>推理分析法</td><td>利用逻辑推理，一步步的查找出故障的真实原因的方法称为推理分析法
推理的原理是：由易到难、由表及里地逐一分析，排除掉不可能的和次要的故障原因，优先查故障概率高的常见原因；故障发生前曾调整或更换过的元件也应先查
1）仪表分析法。使用监测仪器仪表，如压力表、差压计、电压表、温度计、电秒表及其他电子仪器等，检查系统中元件的参数是否符合要求
2）试探反证法。即试探性地改变气动系统中的部分工作条件，观察对故障的影响。如阀控气缸不动作时，除去气缸的外负载，察看气缸能否动作，便可反证出是否由于负载过大造成气缸不动作
3）部分停止法。即暂时停止气动系统某部分的工作，观察对故障的影响
4）比较法。即用标准的或合格的元件代替系统中相同的元件，通过对比，判断被更换的元件是否失效</td></tr>
<tr><td colspan="2">故障诊断实例</td><td>阀控气缸不动作故障诊断图
阀控气缸不动作的故障诊断：可采用上述推理法从各种故障原因中，找出故障的真实原因
1）首先观看气缸和电磁阀的漏气情况，这是很容易判断的。气缸漏气大，应查明气缸漏气的原因。电磁阀漏气，包括不应排气的排气口漏气(图示状态 3 口不应排气)。若排气口漏气大，应查明是气缸漏气还是电磁阀漏气。上回路图中，当气缸活塞杆已全部升起时，5 口仍然漏气，可拆下管道 4，若气缸漏气大，则是气缸漏气，否则为电磁阀漏气。漏气排除后，气缸动作正常，则故障真正原因是漏气所引起的。若漏气排除后，气缸动作仍然不正常，则漏气不是故障的真正原因，应进一步诊断</td></tr>
</table>

（续）

故障诊断实例	2）若气缸和阀都不漏气或漏气很少，应先判断电磁阀能否换向。可根据阀芯换向时的声音或电磁阀的换向指示灯来判断。若电磁阀不能换向，可采用试探反证法，操作电磁先导阀的手动按钮来判断是电磁先导阀故障还是主阀故障。若主阀能换向，气缸能动作，则必然是电磁先导阀的故障。若主阀还不能换向，便是主阀故障。然后再进一步查清电磁先导阀或主阀故障的原因 3）若电磁换向阀能换向，但气缸不动作，则应查清有压输出口是否没气压或气压不足。可采用试探反证法，当电磁阀换向时活塞杆不动作，可拆下图中的连接管2。若阀的输出口排气充分，则必为气缸故障。若排气不足或不排气，可初步排除是气缸的故障，需进一步查明是供气不足或是否气路堵塞。检查减压阀上的压力表可看出压力是否正常。若压力正常，再检查管路1各处有无严重泄漏或管道被扭曲或压扁等现象。如果不存在上述问题，则必然是主阀阀芯被卡死。如果查明是气路堵塞或供压不足，即减压阀无输出或输出压力太低，就需进一步查明原因 4）电磁阀输出压力正常，气缸却不动作，可采用部分停止法，除去气缸外负载。如果气缸动作恢复正常，则应查明负载过大的原因。若气缸仍不动作或动作不正常，则应进一步查明气缸摩擦力是否过大

3.2　气动系统元件的故障与处理（见表23.9-5～表23.9-7）

表23.9-5　空压机、气路、空气过滤器、减压阀、油雾器等的故障与处理

现　　象	故障原因	处　　理
（1）供气不足	耗气量太大，空压机输出流量不足	选用输出流量更大的空压机
	空压机活塞环磨损	更换零件。在适当部位装单向阀，维持执行元件内压力，以保证安全
	漏气严重	更换损坏的密封件或软管。紧固管接头及螺钉
	减压阀输出压力低	调节减压阀至使用压力
	速度控制阀开度太小	将速度控制阀打开到合适开度
	管路细长或管接头选用不当，压力损失大	重新设计管路，加粗管径，选用流通能力大的管接头及气阀
	各支路流量匹配不合理	改善各支路流量匹配性能。采用环形管道供气
（2）气路没有气压	气动回路中的开关阀、速度控制阀等未打开	予以开启
	换向阀未换向	查明原因后排除
	管路扭曲、压扁	纠正或更换管路
	滤芯堵塞或冻结	更换滤芯
	介质或环境温度太低，造成管路冻结	及时清除冷凝水，增设除水设备或防冻装置
（3）异常高压	因外部振动冲击产生了冲击压力	在适当部位安装安全阀或压力继电器
	减压阀损坏	更换减压阀
（4）油泥过多	选用压缩机油不当	选用高温下不易氧化的润滑油
	压缩机的给油量不当	给油量过多，在排出阀上滞留时间长，助长碳化；给油量过少，造成活塞烧伤等。应注意给油量适当
	空压机连续运行时间过长	温度高，机油易碳化。应增设储气罐，选用大流量空压机，实现不连续运转。气路中加油雾分离器，清除油泥
	压缩机排气阀动作不良	当排气阀动作不良时，温度上升，机油易碳化。气路中加油雾分离器
（5）空气过滤器　漏气	密封不良	更换密封件
	排水阀、自动排水器失灵	修理或更换
（5）空气过滤器　压力降太大	通过流量太大	选更大规格过滤器
	滤芯堵塞	更换或清洗
	滤芯过滤精度过高	选合适过滤器
（5）空气过滤器　水杯破裂	在有机溶剂中使用	选用金属杯
	空压机输出某种焦油	更换空压机润滑油，使用金属杯

（续）

现　　象		故障原因	处　　理
(5)空气过滤器	从输出端流出冷凝水	未及时排放冷凝水	每天排水或安装自动排水器
		自动排水器有故障	修理或更换
		超过使用流量范围	在允许的流量范围内使用
	输出端出现异物	滤芯破损	更换滤芯
		滤芯密封不严	更换滤芯密封垫
		错用有机溶剂清洗滤芯	改用清洁热水或煤油清洗
(6)减压阀	阀体漏气	密封件损伤	更换密封件
		紧固螺钉受力不均	均匀紧固
	输出压力波动大于10%	减压阀通径或进出口配管通径选小了，当输出流量变动大时，输出压力波动大	根据最大输出流量选定减压阀通径
		输入气量供应不足	查明原因
		进气阀芯导向不良	更换进气阀芯
	溢流口总是漏气	进出口方向接反了	改正
		输出侧压力意外升高	查输出侧回路
		膜片破裂，溢流阀座有损伤	更换膜片、溢流阀座
(6)减压阀	压力调不高	膜片撕裂	更换膜片
		弹簧断裂	更换弹簧
	压力调不低输出压力升高	阀座处有异物、有伤痕，阀芯上密封垫剥离	更换阀座、阀芯
		阀杆变形	更换阀杆
		复位弹簧损坏	更换复位弹簧
	不能溢流	溢流孔堵塞	更换溢流阀座
		溢流孔座橡胶太软	改换材料
(7)油雾器	不滴油或滴油量太少	油雾器装反了	改正
		油道堵塞，节流阀未开启或开度不够	修理或更换。调节节流阀开度
		通过油量小，压差不足以形成油滴	更换合适规格的油雾器
		气通道堵塞，油杯上腔未加压	修理或更换
		油粘度太大	换油
		气流短时间间隙流动，来不及滴油	使用强制给油方式
	耗油过多	节流阀开度太大	调至合理开度
		节流阀失效	更换节流阀
	油杯破损	在有机溶剂的环境中使用	选用金属杯
		空压机输出某种焦油	换空压机润滑油，使用金属杯
	漏气	油杯或观察窗破损	更换油杯、观察窗
		密封不良	更换密封件

表23.9-6　气缸、气液联用缸和摆动气缸故障与处理

现　　象			故障原因	处　　理
(1)气缸漏气	①外泄漏	活塞杆处	导向套、杆密封圈磨损，活塞杆偏磨	更换。改善润滑状况。使用导轨
			活塞杆有伤痕、腐蚀	更换。及时清除冷凝水
			活塞杆与导向套间有杂质	除去杂质。安装防尘圈
		缸体与端盖处	密封圈损坏	更换密封圈
			固定螺钉松动	紧固螺钉
		缓冲阀处	密封圈损坏	更换密封圈
(1)气缸漏气	②内泄漏（即活塞两侧窜气）		活塞密封圈损坏	更换密封圈
			活塞配合面有缺陷	更换活塞
			杂质挤入密封面	除去杂质
			活塞被卡住	重新安装，消除活塞杆的偏载
(2)气缸不动作			漏气严重	见本表之(1)
			没有气压或供压不足	见表23.9-5(1)、(2)
			外负载太大	提高使用压力，加大缸径
			有横向负载	使用导轨消除

（续）

现　　象	故障原因	处　　理
（2）气缸不动作	安装不同轴	保证导向装置的滑动面与气缸轴线平行
	活塞杆或缸筒锈蚀、损伤而卡住	更换并检查排污装置及润滑状况
	混入冷凝水、灰尘、油泥，使运动阻力增大	检查气源处理系统是否符合要求
	润滑不良	检查给油量、油雾器规格和安装位置
（3）气缸偶而不动作	混入灰尘造成气缸卡住	注意防尘
	电磁换向阀未换向	见表 23.9-7（3）、（4）
（4）气缸爬行	负载太大	增大缸径
	使用压力低	提高使用压力
	气缸内泄漏大	见本表之(1)
	回路中耗气量变化大	增设气罐
（5）气缸动作不平稳	外负载变动大	提高使用压力或增大缸径
	气压不足	见表 23. 9-5(1)
	空气中含有杂质	检查气源处理系统是否符合要求
	润滑不良	检查油雾器是否正常工作
（6）气缸走走停停	限位开关失控	更换限位开关
	继电器节点寿命已到	更换继电器
	接线不良	检查并拧紧接线螺钉
	电插头接触不良	插紧或更换
	电磁阀换向动作不良	更换电磁阀
	气液缸的油中混入空气	除去油中空气
（7）气缸动作速度过快	没有速度控制阀	增设速度控制阀
	速度控制阀通径过大	速度控制阀有一定流量控制范围，用大通径阀调节微流量是困难的，可更换小通径速度控制阀
	回路设计不合适	对低速控制，应使用气液阻尼缸，或利用气液转换器来控制油缸作低速运动
（8）气缸动作速度过慢	气压不足	提高压力
	负载过大	提高使用压力或增大缸径
（8）气缸动作速度过慢	速度控制阀开度太小	调整速度控制阀的开度
	供气量不足	查明气源至气缸之间哪个元件节流太大，将其换成更大通径的元件或使用快排阀让气缸迅速排气
	气缸摩擦力增大	改善润滑条件
	缸筒或活塞密封圈损伤	更换缸筒、密封圈
（9）气缸不能实现低速运动	速度控制阀的节流阀不良	阀针与阀座不吻合，不能将流量调至很小，更换
	速度控制阀的通径太大	通径大的速度控制阀调节小流量困难，更换通径小的阀
	缸径太小	更换较大缸径的气缸
（10）气缸行程终端存在冲击现象	无缓冲措施	增加合适的缓冲措施
	缓冲密封圈密封性能差	更换密封圈
	缓冲节流阀松动	调整好后锁定
	缓冲节流阀损伤	更换
	缓冲能力不足	重新设计缓冲机构
	活塞密封圈损伤，形不成很高背压	更换活塞密封圈
（11）端盖损伤	气缸缓冲能力不足	加外部油压缓冲器或缓冲回路
（12）每天首次启动或长时间停止工作后，气动装置动作不正常	因密封圈始动摩擦力大于动摩擦力，造成回路中部分气阀、气缸及负载滑动部分的动作不正常	注意气源净化，及时排除油污及水分，改善润滑条件
（13）气缸处于中止状态仍有缓动	气缸存在内漏或外漏	更换密封圈或气缸，使用中封式三位阀
	由于负载过大，使用中封式三位阀仍不行	改用气液联用缸或锁紧气缸
	气液联用缸的油中混入了空气	除去油中空气

（续）

现象		故障原因	处理
(14)气液联用缸	① 气液联用缸内产生气泡	气液转换器、气液联用缸及油路存在漏油，造成气液转换器内油量不足	解决漏油，补足漏油
		气液转换器中的油面移动速度太快，油从电磁气阀溢出	适当加大气液转换器的容量
		开始加油时气泡未彻底排出	使气液联用缸走慢行程以彻底排除气泡
		油路中节流最大处出现气蚀	防止节流过大
		油中未加消泡剂	加消泡剂
	② 气液联用缸速度调节不灵	流量阀内混入杂质，使流量调节失灵	清洗
		换向阀动作失灵	见表23.9-7(3)
		漏油	检查油路并修理
		气液联用缸内有气泡	见本表之(14)①

现象		故障原因	处理
(15)摆动气缸	摆动气缸轴损坏或齿轮损坏	惯性能量过大	减小摆动速度，减轻负载，设外部缓冲，加大缸径
		轴上承受异常的负载力	设外部轴承
		外部缓冲机构安装位置不合适	安装在摆动起点和终点的范围内
	摆动气缸动作终了回跳	负载过大	设外部缓冲
		压力不足	增大压力
		摆动速度过快	设外部缓冲，调节调速阀
	摆动气缸振动（带呼吸的动作）	超出摆动时间范围	调整摆动时间
		运动部位的异常摩擦	修理更换
		内泄增加	更换密封件
		使用压力不足	增大使用压力

表 23.9-7　阀类、磁性开关的故障与处理

现象		故障原因	处理
(1)换向阀主阀漏气	从主阀排气口漏气	气缸活塞密封圈损伤	更换密封圈
		异物卡入滑动部位，换向不到位	清洗
		气压不足造成密封不良	提高压力
		气压过高，使密封件变形太大	使用正常压力
		润滑不良，换向不到位	改善润滑
		密封件损伤	更换密封件
		阀芯阀套磨损	更换阀芯、阀套
	阀体漏气	密封垫损伤	更换密封垫
		阀体压铸件不合格	更换阀体
（2）电磁先导阀的排气口漏气		异物卡住动铁心，换向不到位	清洗
		动铁心锈蚀，换向不到位	注意排除冷凝水
		弹簧锈蚀	
		电压太低，动铁心吸合不到位	提高电压

现象		故障原因	处理
（3）换向阀的主阀不换向或换向不到位		压力低于最低使用压力	找出压力低的原因
		接错气口	更正
		控制信号是短脉冲信号	找出原因，更正或使用延时阀，将短脉冲信号变成长脉冲信号
		润滑不良，滑动阻力大	改善润滑条件
		异物或油泥侵入滑动部位	清洗查气源处理系统
		弹簧损伤	更换弹簧
		密封件损伤	更换密封件
		阀芯与阀套损伤	更换阀芯、阀套
(4)电磁先导阀不换向	无电信号	电源未接通	接通
		接线断了	接好
		电气线路的继电器故障	排除
	动铁心不动作（无声）或动作时间过长	电压太低，吸力不够	提高电压
		异物卡住动铁心	清洗，查气源处理状况是否符合要求
		动铁心被油泥粘连	

（续）

现　象		故障原因	处　理
（4）电磁先导阀不换向	动铁心不动作（无声）或动作时间过长	动铁心锈蚀	清洗，查气源处理状况是否符合要求
		环境温度过低	
	动铁心不能复位	弹簧被腐蚀而折断	查气源处理状况是否符合要求、换弹簧
		异物卡住动铁心	清理异物
		动铁心被油泥粘连	清理油泥
	线圈烧毁（有过热反应）	环境温度过高（包括日晒）	改用高温线圈
		工作频率过高	改用高频阀
		交流线圈的动铁心被卡住	清洗，改善气源重量
		接错电源或接线头	改正
		瞬时电压过高，击穿线圈的绝缘材料，造成短路	将电磁线圈电路与电源电路隔离，设计过压保护电路
		电压过低，吸力减少，交流电磁线圈通过的电流过大	使用电压不得比额定电压低15%以上
		继电器触点接触不良	更换触点
		直动双电控阀，两个电磁铁同时通电	应设互锁电路避免同时通电
		直流线圈铁心剩磁大	更换铁心材料
（5）交流电磁阀振动		电磁铁的吸合面不平，有异物或生锈	修平，清除异物，除锈
		分磁环损坏	更换静铁心
		使用电压过低，吸力不够	提高电压
		固定电磁铁的螺栓松动	紧固，加防松垫圈
（6）磁性开关故障	开关不能闭合或有时不闭合	电源故障	查电源
		接线不良	查接线部位
		开关安装位置发生偏移	移至正确位置
		气缸周围有强磁场	加隔磁板，将强磁场或两平行气缸隔开
		两气缸平行使用，两缸筒间距小于40mm	
		缸内温度太高（高于70℃）	降温
		开关部位温度高于70℃	
		开关受到过大冲击，开关灵敏度降低	更换开关
		开关内瞬时通过了大电流而断线	
	开关不能断开或有时不能断开	电压高于AC220V，负载容量高于AC2.5VA，DC2.5W，使舌簧触点粘接	更换开关
		开关受过大冲击，触点粘接	
		气缸周围有强磁场，或两平行气缸的缸筒间距小于40mm	加隔磁板
	开关闭合的时间推迟	缓冲能力太强	调节缓冲阀

参 考 文 献

[1] 徐灏．机械设计手册：第5卷［M］．2版．北京：机械工业出版社，2000.
[2] 机械设计手册编委会．机械设计手册：第4卷［M］．新版．北京：机械工业出版社，2004.
[3] 成大先．机械设计手册：第5卷［M］．5版．北京：化学工业出版社，2008.
[4] 郑洪生．实用气动系统及装置［M］．沈阳：东北大学出版社，1993.
[5] 气动工程手册编委会．气动工程手册［M］．北京：国防工业出版社，1995.
[6] 路甬祥．液压与气动技术手册［M］．北京：机械工业出版社，2003.
[7] 陆鑫盛，周洪．气动自动化系统的优化设计［M］．上海：上海科学技术文献出版社，2000.
[8] 郑洪生．气压传动及控制（修订本）［M］．北京：机械工业出版社，1998.
[9] 全国液压气动标准化技术委员会．中国机械工业标准汇编 液压与气动卷（上、下）［M］．北京：中国标准出版社，1999.
[10] 张立平．液压气动系统设计手册［M］．北京：机械工业出版社，1997.
[11] 宋锦春．液压与气压传动［M］．北京：科学出版社，2006.
[12] SMC（中国）有限公司．现代实用气动技术［M］．3版．北京：机械工业出版社，2008.
[13] FESTO. 费斯托气动产品样本，2000.
[14] 吴振顺．气压传动与控制［M］．哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，1995.
[15] 徐成海．真空工程技术［M］．北京：化学工业出版社，2006.
[16] 日本油空压学会．液压气动手册［M］．北京：机械工业出版社，1984.
[17] 宋学义．袖珍液压气动手册［M］．北京：机械工业出版社，1995.

第 24 篇　液 力 传 动

主　编	宗　跃	
副主编	姚琪翔	赵立华
编写人	宗　跃	姚琪翔
	赵立华	刘春朝
	董立春	刘全法
	王吉生	徐德良
	卢丙运	
审稿人	姚琪翔	

第 4 版

液 力 传 动

主　　编　宗　跃

副 主 编　姚琪翔　俞永绵

编写人　宗　跃　姚琪翔

俞永绵　秦骏业

周广岐　杨乃乔

王向楹　黄德彬

赵立华

第 1 章　概　　述

液力传动和液压传动同属于液体传动。

液力传动是以液体为工作介质，在二个或二个以上叶轮组成的工作腔内，由液体动量矩的变化来传递力矩的传动。由于它具有其他传动所不具备的特点，因此越来越广泛地应用在工程机械、起重运输、铁路交通、冶金矿山、港口船舶、采煤、石油、电力、林业、农机、轻工和军工等机械设备中。

液力传动可以看成是一台离心式水泵和一台水轮机的组合体，但只采用了它们的核心，即泵轮、涡轮，有时还有导轮，并将它们尽量靠近，而组合成一个整体。工作液体在这些叶轮中循环流动，以达到传递动力的目的。

将泵轮、涡轮和导轮进行不同的组合，可获得不同性能的液力元件。其基本型式是液力变矩器（液力变扭器）和液力偶合器（液力联轴器）。图 24. 1-1 为液力变矩器和液力偶合器的原理简图。

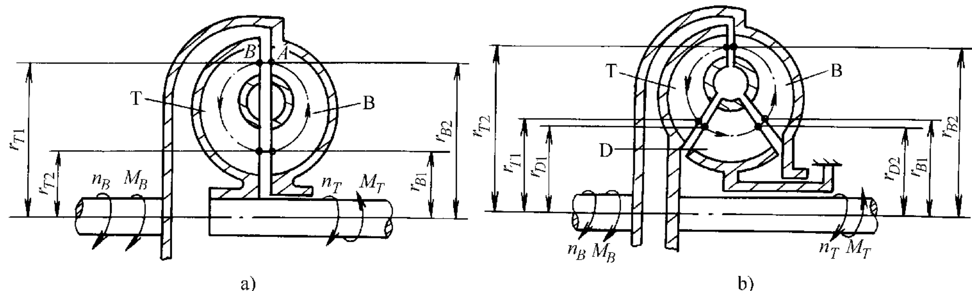


图 24. 1-1　液力元件原理简图

a）液力偶合器　b）液力变矩器

B—泵轮　T—涡轮　D—导轮

1　液力传动的分类

1. 1　液力传动装置的分类

液力传动装置通常有三种型式：纯液力元件传动装置、单液力元件传动装置和多液力元件传动装置。

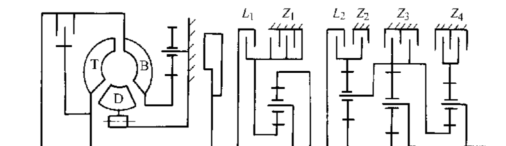


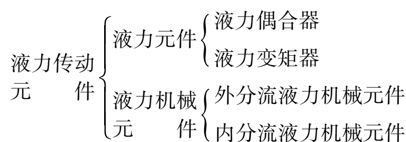
图 24. 1-2　CLBT5861 液力传动装置传动简图

在动力机与工作机之间只有一个液力元件的称为纯液力元件传动装置，常用于风机和水泵的调速。在动力机与工作机之间除一个液力元件外，还辅以齿轮传动的称为单液力元件传动装置，常用于运输车辆和工程机械，见图 24. 1-2。在动力机与工作机之间采用两个以上液力元件交替工作，并辅以齿轮传动的称为多液力元件传动装置，常用于内燃机车，见图24. 1-3。由图可见，在起动和低速行驶时，运转液力变矩器工作腔内没有工作液体，只有起动液力变矩器工作腔内充满工作液体进行工作。当车速增高到某一值时，起动液力变矩器将工作腔内的工作液体排空，并注入到运转液力变矩器内，此时只有运转液力变矩器进行工作。

作为一个完整的传动装置，除上述传动系统外，根据不同情况通常还要有相应的供油、过滤、润滑和冷却等辅助系统及控制操纵系统。

1. 2　液力传动元件的分类

液力传动元件分类如下：



液力偶合器只有泵轮和涡轮。在忽略不计叶轮旋转时的风损及其他机械损失时，其输入（泵轮）力矩与输出（涡轮）力矩的大小始终相等。输入与输出轴之间不存在刚性联系，输入与输出转速不等，存在转差。

液力变矩器除泵轮与涡轮外还有导轮。由于导轮对液流的作用，使输入与输出力矩不相等。输出转速较低时，输出力矩大于输入力矩。当输出转速增高到某一值时，输出力矩又小于输入力矩。因此，液力变矩器是一种以液体为工作介质的力矩变换器。

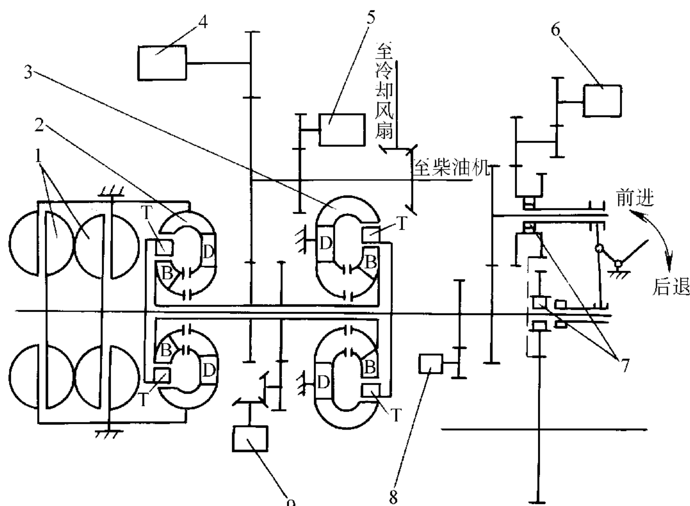


图 24. 1-3 北京型 3000 马力内燃机车传动系统简图

1—液力制动器 2—运转液力变矩器 3—起动液力变矩器 4—发电机 5—控制与排空泵
6—惰性与排空泵 7—离合器 8—换档反应器 9—供油泵

液力机械元件通常由液力变矩器和行星齿轮机构组合而成。与液力变矩器一样，它也具有无级自动变矩和变速性能，只是其特性与其中的液力变矩器有所不同。

液力机械元件的特点是存在着功率分流。功率分流产生在液力变矩器的外边，即在行星齿轮机构中进行分流或汇流的称为外分流液力机械元件。功率分流产生在液力变矩器内部的称为内分流液力机械元件。

2 液力传动的特点

1）自动适应性 当外载荷增大时，液力变矩器的涡轮力矩自动增加，转速自动降低；外载荷减小时，涡轮力矩自动减小，转速自动增高，这种性能称为自动适应性。液力偶合器只有自动变速性能而没有自动变矩性能，不具备自动适应性。使用液力传动可简化操纵，易于实现自动控制，改善车辆通过性能，增加舒适性。

2）透穿性 泵轮转速(或力矩)不变时，泵轮力矩(或转速)随载荷改变而变化的性能称为透穿性。液力变矩器类型不同，透穿性能也不同，有可透的也有不透的。液力偶合器都具有可透性。

3）无级调速性能 在动力机外特性和载荷特性不变的情况下，可调式液力变矩器和调速型液力偶合器都可无级地调节工作机的转速。

4）防振隔振性能 液力元件可以减弱动力机的扭振和隔离载荷的振动，提高动力机和传动装置的寿命。

5）反转制动性能 轴流或离心涡轮式液力变矩器具有良好的反转制动性能。

6）带载起动性能 装有液力传动的设备可以带载起动，使动力机的稳定工况区扩大，如果动力机是内燃机则不易熄火。

7）多机并车性能 当工作机采用多台动力机驱动时，易于并车并能自动协调载荷分配。

8）限矩保护性能 在一定的泵轮转速下，泵轮、涡轮和导轮的力矩只能在一定的范围内随工况变化。如果载荷力矩超过涡轮的最大力矩、涡轮转速减小直至为零，在这个过程中，各叶轮的力矩不会超出其固有的变化范围，起到限矩保护作用。

9）效率 液力传动的效率随工况变化，液力变矩器最高效率约为 85%~90%，液力偶合器最高效率约为 96%~98%。

10）辅助系统 除普通型和限矩型液力偶合器外，通常需要外加补偿、润滑和冷却等辅助系统。

3 液力元件的工作原理

在液力偶合器中，液流由泵轮进入涡轮，然后又由涡轮流回泵轮，形成不停的循环流动，见图 24. 1-1a。在液力变矩器中，液流由泵轮进入涡轮，由涡轮流出后进入导轮，在导轮内液流受导轮叶片的作用使液流方向改变，然后又流回泵轮，如此形成不停的循环流动，见图 24. 1-1b。

3.1 液力元件的叶轮与几何参数

3.1.1 叶轮

液力元件有泵轮、涡轮和导轮三种叶轮。

1）泵轮 泵轮与输入轴相联，由动力机带动旋转。它从动力机吸收机械能，并使之转化为液流在单

位时间内动量矩的增量。泵轮以字母 B 表示。

2）涡轮　涡轮与输出轴相联，将液流在单位时间内的动量矩减少，使液体能转化为机械能并向工作机输出。涡轮以字母 T 表示。

3）导轮　导轮直接或间接(如通过单向离合器)固定在不动的壳体上。它既不吸收也不输出机械能，只是通过叶片对液流的作用来改变液流的动量矩，以改变涡轮的力矩，达到“变矩”的目的。导轮以字母 D 来表示。在某些液力变矩器中，为了改善其特性，可在一定的工况区使导轮转动。

从液流的流动方向来区分，叶轮有向心式、离心式和轴流式三种。

液流由周边流向中心的称为向心叶轮，由中心流向周边的称为离心叶轮，沿轴向流动的称为轴流叶轮。在液力元件中泵轮均为离心式，导轮多为向心式或轴流式，涡轮则三种型式都有。以图 24. 1-1 为例，泵轮为离心式，涡轮为向心式，导轮为轴流式。

3. 1. 2　工作腔及其结构参数

1）工作腔　由叶轮流道和内外环所构成的空间称为工作腔。当液力元件工作时，液流在工作腔内循环流动，进行机械能和液体能的相互转换。工作腔不包含液力偶合器的辅助腔。

2）辅助腔　在液力偶合器中，用来调节工作腔内充液量的空腔称为辅助腔。

3）有效直径　工作腔的最大直径称为有效直径，以字母 D 表示，见图 24. 1-4。

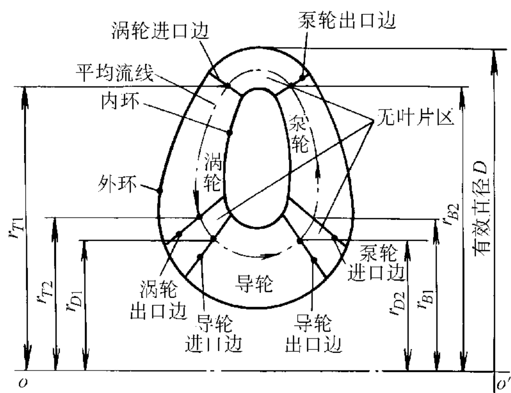


图 24. 1-4　循环圆

4）轴线与轴面　液力元件各叶轮的共同的旋转轴线称为轴线，见图 24. 1-4 中 o-o'。通过轴线的平面称为轴面。轴面有无穷多个，图 24. 1-4 即为一个轴面。

5）循环圆　工作腔的轴面图称为液力元件的循环圆(也称工作腔轴面图)。对于轴线，循环圆上部和下部完全对称，因此，习惯上只用轴线以上一半图形表示，见图 24. 1-4。循环圆表示了液力元件的型式、各叶轮的排列顺序、相互位置和相关的几何尺寸，它概括了一个液力元件的几何特性。

6）内环与外环　叶轮流道的外壁面称为外环，内壁面称为内环，见图 24. 1-4。

7）叶片进口边和出口边　叶轮叶片进口处和出口处在轴面上的旋转投影称为叶片进口边和出口边，见图 24. 1-4。

8）叶片进口和出口半径　叶片进口边和出口边与平均流线的交点至轴线的距离称为叶片进口和出口半径，分别以 r_1 和 r_2 表示，见图 24. 1-4。

9）叶轮流道　两相邻叶片与内外环所组成的空间称为叶片流道，叶轮叶片流道的总和称为叶轮流道。

10）叶片骨线　叶片沿流线方向截面形状的几何中线称为叶片骨线。

11）叶片角　叶片骨线沿液流方向的切线与圆周速度反方向间的夹角称为叶片角，以 β_Y 表示。

12）液流角　相对速度与圆周速度的反方向间的夹角称为液流角，以 β 表示。

13）流面　液力元件中液流的运动非常复杂。通常假定液体质点是沿着无穷多同轴线的旋转曲面面而运动，各个旋转曲面上液体质点不能彼此逾越，亦即各液体质点运动的迹线都位于各自的旋转曲面上，这些旋转曲面称为流面。

14）平均流面　位于叶轮内环和外环流面之间的一个流面。它把叶轮流道分成两部分，使两部分的流量相等，均等于循环流量的一半，这个特定的流面称为叶轮流道的平均流面。

15）平均流线　平均流面与轴面的交线称为在轴面上的平均流线，见图 24. 1-4。

3. 2　液体在叶轮中的运动

液体在叶轮中的运动是一种复杂的空间三元流动。为使问题简化，在分析液体在叶轮中的运动和液体与叶轮的相互作用时作如下假设：

1）液体在叶轮流道内的运动，可认为是在一系列流面上运动的总和，任何液体质点不能逾越本身所在的流面。

2）用平均流面上的运动情况来代表整个流道内的液体运动的平均物理现象。

3）假定叶轮中的叶片为无穷多、无限薄，亦即认为工作液体在各个流面上的运动是轴对称的，它们的相对运动轨迹与各个流面上的叶片骨线相一致。

4）液流在叶轮进口的流动状况只取决于前一叶轮出口的流动状况。

5）叶轮出口的流动状况不受进口流动状况的影响。

根据上述假设，液体在流道内的三元空间流动被简化为一元束流流动。因此，在研究液体在叶轮中的运动时，只要对一个轴面进行讨论即可，不必对流动空间每一个液体质点的运动状况进行分析。

3.2.1　速度的分解及速度三角形

在叶轮中任一液体质点相对于固定坐标系的运动速度称为绝对速度，以 V 表示。

绝对速度可分解成圆周速度和相对速度。

圆周速度为液体质点在叶轮上某点的旋转速度，以 U 表示；相对速度为液体质点相对于叶轮的运动速度，以 W 表示。

圆周速度的方向与圆周相切；相对速度的方向与叶片骨线相切。

液体在叶轮中任一点的绝对速度 $\boldsymbol{V}$ 的矢量等于圆周速度 $\boldsymbol{U}$ 和相对速度 $\boldsymbol{W}$ 的矢量和

$$\boldsymbol{V} = \boldsymbol{U} + \boldsymbol{W} \tag{24.1-1}$$

图24.1-5a为叶轮轴面图，图中曲线 AB 为平均流线。图24.1-5b为平均流面的保角形象图。A、B 两点的速度图在图24.1-5a中与平均流线 AB 相切，并位于该图垂直于纸面的平面内。

为简便起见，通常将表示速度的平行四边形简化为速度三角形，如图24.1-6。其中 β 为液流角。

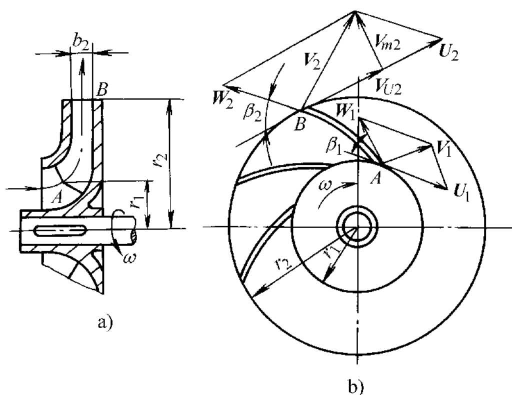


图24.1-5　液体在叶轮中的流动

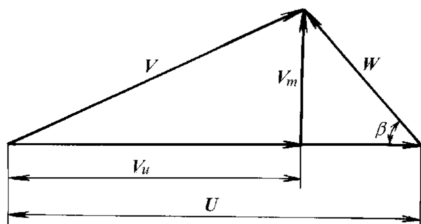


图24.1-6　速度三角形

无冲击工况时，叶轮进口的叶片角 β_{1Y} 等于进口的液流角 β_1。

在以后分析问题时，认为叶轮出口的叶片角等于出口的液流角，即 $\beta_{2Y}=\beta_2$。实际上，因叶片数目是有限的，液流出口相对速度将受液体惯性力和轴向旋涡的影响，与叶片骨线方向有所偏离，所以 $\beta_{2Y}\neq\beta_2$。在实际计算时，引入有限叶片修正系数 μ 来对出口的液流偏离进行修正。

在实际应用中，常将绝对速度 $\boldsymbol{V}$ 分解为两个相互垂直的分速度 $\boldsymbol{V}_u$ 和 $\boldsymbol{V}_m$，如图24.1-6。

$$\boldsymbol{V} = \boldsymbol{V}_u + \boldsymbol{V}_m \tag{24.1-2}$$

式中　$\boldsymbol{V}_u$——圆周分速度(绝对速度在圆周速度方向上的投影)；

$\boldsymbol{V}_m$——轴面分速度(绝对速度在轴面上的投影)。

通常，圆周速度、轴面分速度和叶片角均为已知，用几何作图的方法即可作出速度三角形。

圆周速度 U 为

$$U = r\omega$$

式中　r——叶轮半径(m)；

ω——叶轮角速度(rad/s)。

轴面分速度 V_m 为

$$V_m = \frac{Q}{A_m\psi} \tag{24.1-3}$$

式中　Q——循环流量($\mathrm{m^3/s}$)(工作液体在工作腔内循环流动时,单位时间内流过叶轮流道任何过流断面的工作液体的容积称为循环流量)；

A_m——垂直于轴面分速度的过流断面的面积($\mathrm{m^2}$)；

ψ——因叶片厚度使过流断面面积减小的排挤系数，$\psi<1$。

根据速度三角形，按下列各式可求得相对速度 W、圆周分速度 V_n 和绝对速度的值。

$$W = \frac{V_m}{\sin\beta}$$

$$V_u = U - V_m\cot\beta = r\omega - \frac{Q}{A_m\psi}\cot\beta \tag{24.1-4}$$

$$V = \sqrt{V_u^2 + V_m^2}$$

在分析液力元件特性时，用得较多的是工作液体的轴面分速度和圆周分速度。

3.2.2　速度环量

速度矢量在某一封闭周界切线上的投影沿着该周界的线积分，称为速度矢量沿着周界的速度环量，以 Γ 表示。

$$\Gamma = \oint \boldsymbol{V}\cos(\boldsymbol{V},\mathrm{d}\boldsymbol{s})\mathrm{d}s$$

由于液流在叶轮内的流动是轴对称的，所以对于叶

轮，其平均流线上某一点的速度环量为该点的圆周分速度与其所在位置的圆周长度的乘积

$$\Gamma = 2\pi r V_u \quad (24.1\text{-}5)$$

式中　r——平均流线上某点所在位置的圆周半径。

速度环量的大小，标志着该处液流旋转运动的强弱程度。

3.2.3　液体在无叶片区的流动

为讨论方便，对叶轮进出口位置的下角标作如下规定：

0——叶轮进口处液流尚未进入叶片流道的位置；

1——叶轮进口处液流刚刚进入叶片流道的位置；

2——叶轮出口处液流即将流出叶片流道的位置；

3——叶轮出口处液流刚刚流出叶片流道的位置。

显然，在下角标为 1 和 2 的位置时，工作液体处于叶片流道内，受到叶片的约束。在下角标为 0 和 3 的位置，工作液体处于无叶片区，不受叶片的约束，如图 24.1-7。

液流在无叶片区，因不受外力矩的作用，如不考虑无叶片区的液流损失，单位时间内液体流过任何断面的动量矩不发生变化，即

$$\rho Q r_2 V_{u2} = \rho Q r_3 V_{u3} = \rho Q r_0 V_{u0} = \text{常数}$$

或

$$\Gamma_2 = \Gamma_3 = \Gamma_0 = \text{常数}$$

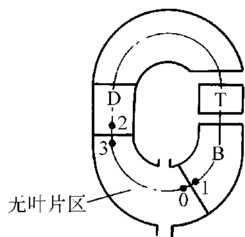


图 24.1-7　无叶片区示意图

在叶轮叶片进口前的 0 处到刚刚进入叶片流道的 1 处，这段距离虽然很短，但工作液体进入到 1 处后，由于受到叶片的约束作用，迫使工作液体沿着叶片的骨线方向流动，使圆周分速度 V_u 有很大的改变。一般情况下 $V_{u1} \neq V_{u0}$，有时 $V_{u1} > V_{u0}$，有时 $V_{u1} < V_{u0}$。圆周分速度的突变使液流在叶片进口处产生冲击。仅当 $V_{u1} = V_{u0}$时，叶片进口处才无冲击。此时，液流在叶片进口处的流动方向与叶片骨线相一致。

在设计液力元件时，常选无冲击工况为设计工况，并以上角标 * 表示这一工况。显然，在无冲击工况时

$$\Gamma_0 = \Gamma_1 = \Gamma_2 = \Gamma_3 = \text{常数}$$

对叶轮排列顺序为泵轮—涡轮—导轮的液力元件，各叶轮叶片进口的无冲击条件为

泵轮：

$$r_{B1} V_{uB1} = r_{D2} V_{uD2} \quad \text{或} \quad \Gamma_{B1} = \Gamma_{D2}$$

涡轮：

$$r_{T1} V_{uT1} = r_{B2} V_{uB2} \quad \text{或} \quad \Gamma_{T1} = \Gamma_{B2}$$

导轮：

$$r_{D1} V_{uD1} = r_{T2} V_{uT2} \quad \text{或} \quad \Gamma_{D1} = \Gamma_{T2}$$

3.3　液力元件的基本方程式

3.3.1　理论能头

如不计液流在叶轮中的液力损失，单位质量液体流过叶轮时所获得的能量称为叶轮的理论能头，以 H_t 表示，它与流速有如下关系

$$H_t = \frac{1}{g}(U_2 V_{u2} - U_1 V_{u0}) \quad (24.1\text{-}6)$$

上式称为欧拉方程，对叶片式机械，它是一个最基本的方程式。如用环量来表示，上式也可写成

$$H_t = \frac{(\Gamma_2 - \Gamma_0)\omega}{2\pi g}$$

对于泵轮，如果输入的机械能无损失地全部转化为液体能，则其理论能头为

$$H_{tB} = \frac{1}{g}(U_{B2} V_{uB2} - U_{B1} V_{uB0})$$

对于涡轮，如果液体能在转化为机械能的过程中没有损失，则其理论能头为

$$H_{tT} = \frac{1}{g}(U_{T2} V_{uT2} - U_{T1} V_{uT0})$$

对于导轮，因其固定在壳体上不转动，即 $\omega = 0$，液体流经导轮时，不存在机械能和液体能之间的相互转换，故 $H_{tD} = 0$。

实际上，液体流经叶轮时必然存在损失，故泵轮实际能头较 H_{tB}为小，涡轮实际能头较 H_{tT}为大。

3.3.2　动量矩方程

叶轮作用在液体上的力矩与液体作用在叶轮上的力矩大小相等方向相反，它可以根据动量矩方程求得：

$$M = \rho Q(r_2 V_{u2} - r_1 V_{u0}) \quad (24.1\text{-}7)$$

式中　ρ——工作液体密度。

以速度环量表示时为

$$M = \frac{\rho Q}{2\pi}(\Gamma_2 - \Gamma_0) \quad (24.1\text{-}8)$$

由上式可见，叶轮对液流的作用在于改变其动量矩或速度环量，即由 Γ_0 变至 Γ_2。

对于泵轮，驱动力矩与轴的旋转方向相同，M_B 为正值。出口速度环量大于进口，即 $\Gamma_{B2} > \Gamma_{B0}$。

对于涡轮，载荷力矩与涡轮轴的旋转方向相反，M_T 为负值。进口的速度环量大于出口的速度环量，即 $\Gamma_{T2} < \Gamma_{T0}$。

对于导轮，M_D 有时为正值，有时为负值，视工况

而定。

上式所表示的是叶轮对液流的作用力矩，也称液力力矩。实际使用时常采用轴力矩 M_z。在不计圆盘摩擦损失和机械摩擦损失时，两者相等。以下除特殊说明外，均以 M 表示。

3.4　液力偶合器的工作原理

3.4.1　基本工作原理

图24.1-8为径向直叶片的液力偶合器在设计工况时泵轮和涡轮的叶片展开图和进出口速度三角形。

由于采用径向直叶片，叶轮出口相对速度 W_{B2} 和 W_{T2} 应垂直于圆周速度 U_{B2} 和 U_{T2}。

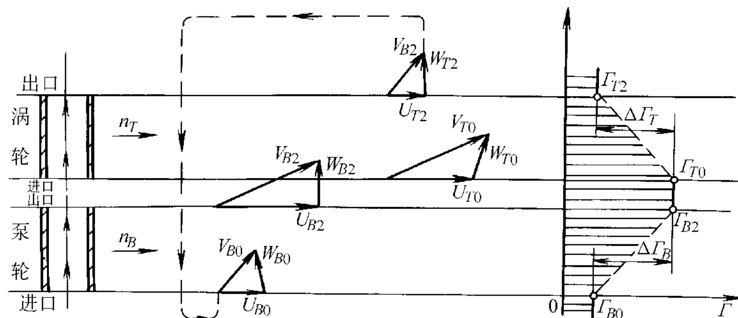


图24.1-8　液力偶合器的速度三角形及速度环量

在设计工况（多为额定工况），因涡轮转速略低于泵轮转速，所以泵轮和涡轮进口的液流相对速度 W_{B0} 和 W_{T0} 的方向与叶片方向稍有偏离。

据叶轮进出口半径和圆周分速度的大小，由式(24.1-5)导知，泵轮出口速度环量 Γ_{B2} 大于进口速度环量 Γ_{B0}；涡轮出口速度环量 Γ_{T2} 小于进口速度环量 Γ_{T0}。

在泵轮和涡轮之间的无叶片区中，速度环量保持不变，即

$$\Gamma_{B2}=\Gamma_{T0},\ \Gamma_{T2}=\Gamma_{B0}$$

图24.1-8的右侧为泵轮和涡轮进出口的速度环量的变化情况。

由图24.1-8可见，在液力偶合器中，泵轮增加的速度环量与涡轮失去的速度环量大小相等，即

$$\Delta\Gamma_B+\Delta\Gamma_T=0$$

所以

$$M_B=-M_T \tag{24.1-9}$$

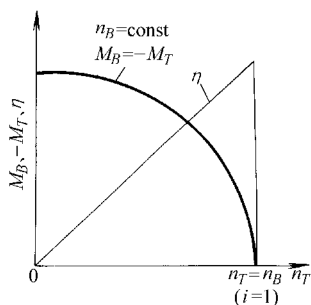


图24.1-9　液力偶合器外特性曲线形状

对于液力偶合器，不论在任何工况，泵轮和涡轮的液力力矩始终大小相等方向相反，液力效率 η_y 始终等于转速比 i。

$$\eta_y=\frac{\omega_T}{\omega_B}=\frac{n_T}{n_B}=i \tag{24.1-10}$$

式中　n_B 和 n_T——泵轮和涡轮转速（r/min）；

ω_B 和 ω_T——泵轮和涡轮的角速度（rad/s）。

由图24.1-9可见，其效率为一条斜率等于1的直线，转速比越高，效率越高。

3.4.2　力矩变化规律

液力偶合器随着涡轮转速的升高，传递力矩不断减小，如图24.1-9。当 $n_T=n_B$，即 $i=1$ 时，传递力矩为零。对这样的变化规律，作如下分析。

假定泵轮转速 n_B 保持常数，这时泵轮中的液体在离心力的作用下向外流动。当 $n_T=0$ 时，涡轮不产生离心阻力，因此，泵轮流出的循环流量 Q 为最大。随着涡轮转速 n_T 的升高，产生的离心阻力增大，循环流量随之降低。当涡轮转速等于泵轮转速时，涡轮进口所产生的离心阻力等于泵轮出口的离心力，此时，液体的循环流动停止，$Q=0$。在不采取其他结构措施的情况下，循环流量具有如图24.1-10的变化规律。

由于泵轮转速 n_B 等于常数，所以泵轮出口圆周速

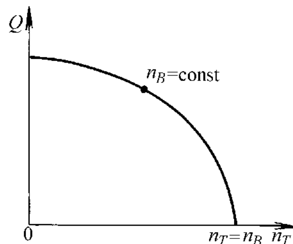


图24.1-10　液力偶合器循环流量变化规律

度 U_{B2} 不变，相对速度 W_{B2} 的方向与叶片出口角 β_{B2y} 一致。根据循环流量随涡轮转速降低而减小的变化规律，由式(24.1-3)可知，泵轮出口的轴面分速度 V_{mB2} 也随之减小。这样，就可作出不同涡轮转速时泵轮的出口速度三角形，如图 24.1-11。其圆周分速度 V_{uB2} 及速度环量 Γ_{B2} 均保持不变。

由图 24.1-11 可见，随涡轮转速的升高，其出口圆周分速度 V_{uT2} 和速度环量 Γ_{T2} 随之增大，涡轮进出口速度环量的差值减小。

当涡轮转速升高时，由于速度环量之差值 $|\Gamma_{T2}-\Gamma_{T0}|$ 及循环流量 Q 同时减小，由式(24.1-8)可知，液力偶合器所传递的力矩也随之不断减小。当 $n_T=n_B$ 时，$M_T=0$，如图 24.1-9。

由于存在风阻和机械损失，大约当 $n_T=0.995n_B$ 时，实际输出力矩即降为零。

在实际应用中，为了改善低转速比时的特性，以达到限制力矩和调节转速的目的，常采用调节充入工作腔内工作液体液量的方法。充入液量的多少以充液率 q_c 表示

$$q_c=\frac{Q_0}{Q}\%$$

式中　Q——工作腔充满时的液量(m^3)；

　　Q_0——工作腔实际充液量(m^3)。

充液率对外特性的影响如图 24.1-12 所示。充液率越小，特性曲线越跌落。

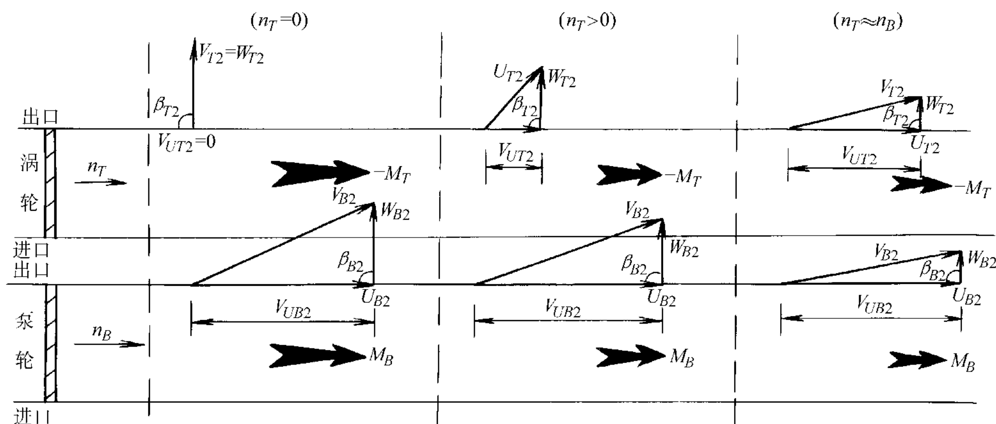


图 24.1-11　不同工况下液力偶合器泵轮和涡轮的出口速度三角形

试验证明，当工作腔中不充满工作液体时，液体在工作腔中有两种基本流态，即小循环流动和大循环流动。

在高转速比时，涡轮转速较高，由于受离心力的作用，液流在接近涡轮出口处脱离外环向上流动，使液体在工作腔上部形成小循环流态，如图 24.1-13a 所示。此时由于 r_{T2} 增大，故液力偶合器传递力矩减小。

在低转速比时，涡轮转速较低，由涡轮旋转对液体产生的离心力也减小，液体始终沿着外环流动，形成大循环流态，如图 24.1-13b。此时，由于 r_{T2}(r_{B1})减小，故传递力矩增大。

小循环流动和大循环流动，随工况的变化而自动转换。在发生转换时的转差率称为临界转差率。试验表明，充液率不同，临界转差率也不同。一般，充液率越大，临界转差率越小。

此外，为改善低转速比时的特性，还常采用一些其他措施。如改变工作腔的几何形状，以增大低转速比时的流动阻力，从而降低传递力矩，使低转速比时的特性曲线较为平坦；采用后倾叶片使 $\Delta\Gamma$ 减小，可降低传递力矩。

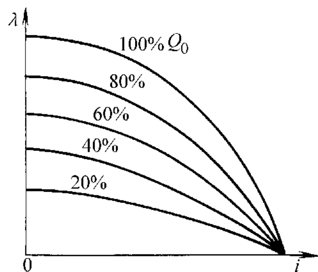


图 24.1-12　充液率对液力偶合器特性的影响
λ—力矩系数(其含义见本章第 4 节)　i—转速比

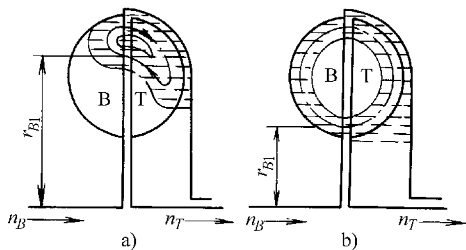


图 24.1-13　液力偶合器的二种基本流态
a) 小循环流动　b) 大循环流动

3.5　液力变矩器的工作原理

3.5.1　基本工作原理

图24.1-14为向心涡轮型液力变矩器在设计工况（$n_T = n_T^*, n_D = 0$）时，各叶轮进出口速度三角形和速度环量的变化情况。图中左侧为叶片沿流线方向的展开形状。因设计工况时叶轮进口无冲击，故进口的液流角 β 等于叶片角 β_{1Y}。

根据式(24.1-8)，泵轮、涡轮和导轮对液流的作用力矩分别为

$$M_B = \frac{\rho Q}{2\pi}(\Gamma_{B2} - \Gamma_{B0}) = \frac{\rho Q}{2\pi}\Delta\Gamma_B \qquad (24.1\text{-}11)$$

$$M_T = \frac{\rho Q}{2\pi}(\Gamma_{T2} - \Gamma_{T0}) = \frac{\rho Q}{2\pi}\Delta\Gamma_T \qquad (24.1\text{-}12)$$

$$M_D = \frac{\rho Q}{2\pi}(\Gamma_{D2} - \Gamma_{D0}) = \frac{\rho Q}{2\pi}\Delta\Gamma_D \qquad (24.1\text{-}13)$$

因叶轮无叶片区中 $\Gamma_{B2} = \Gamma_{T0}$，$\Gamma_{T2} = \Gamma_{D0}$，$\Gamma_{D2} = \Gamma_{B0}$，故式(24.1-11～13)的代数和恒等于零，即

$$M_B + M_T + M_D \equiv 0 \qquad (24.1\text{-}14)$$

式(24.1-14)为液力变矩器的力矩平衡方程式。对任何型式的液力变矩器这个恒等式都是成立的。在稳定工况下，工作液体由工作腔任一截面开始流动一周又回到该截面时，其动量矩的变化等于零。也即，在稳定工况下，工作腔内工作液体总的动量矩的变化等于零。

式(24.1-14)也可写成

$$-M_T \equiv M_B + M_D$$

由上式看出，因导轮的存在，导轮对工作液体有力矩作用，在一般情况下，使涡轮力矩不等于泵轮力矩，所以，液力变矩器具有“变矩”作用。

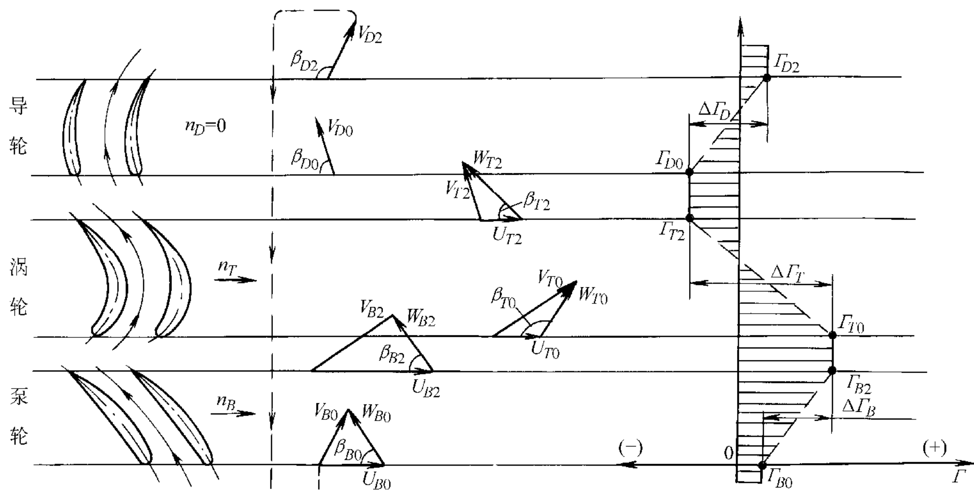


图24.1-14　向心涡轮型液力变矩器各叶轮进出口速度三角形和速度环量的变化

3.5.2　转矩变化规律

图24.1-15为某液力变矩器的外特性曲线。由图可见，涡轮转速变化时泵轮力矩不变，随着涡轮转速 n_T 的降低，输出力矩 M_T 一直增大。

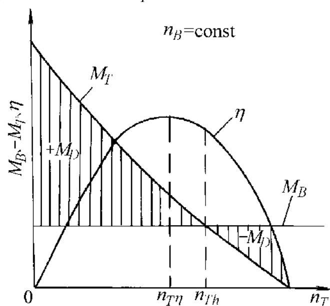


图24.1-15　液力变矩器的外特性曲线
n_T—涡轮转速　n_{Th}—偶合工况时涡轮转速
$n_{T\eta}$—最高效率工况时涡轮转速　η—效率

涡轮和泵轮力矩相等的工况称为偶合工况，此时，$M_B = -M_T$，$n_T = n_{Th}$。

在偶合工况左侧，$-M_T > M_B$，M_D 为正值。在偶合器工况右侧，$-M_T < M_B$，M_D 为负值。

转矩的变化规律可按不同工况时涡轮和导轮的动量矩方程来进行分析。

为便于分析，假定泵轮转速 n_B 为常数，循环流量 Q 为常数，即轴面分速度 V_m 为常数。

根据上述假设，图24.1-16上画出了零速工况（$n_T = 0$），设计工况（$n_T = n_T^*$），偶合工况（$n_T = n_{Th}$）和涡轮转速超过偶合工况（$n_T > n_{Th}$）时，涡轮和导轮进出口绝对速度的变化情况。

1）泵轮　由于出口圆周速度 U_{B2} 不变，相对速度 W_{B2} 的方向与叶片出口角 β_{B2y} 一致，所以，在不同工况下，泵轮出口速度三角形均相同，出口的速度环量 Γ_{B2} 保持不变。另外，在不同工况下，导轮出口的绝对

速度 V_{D2}不变，所以，泵轮进口前的速度环量 Γ_{B0}也保持不变。由此，据式(24.1-11)可知，M_B 在不同工况均为定值，如图 24.1-15 所示，M_B 为一水平线。

2）涡轮　涡轮进口前的速度环量 Γ_{T0}等于泵轮出口的速度环量 Γ_{B2}，在不同工况下均为定值。而涡轮出口处，由于圆周速度 U_{T2}随涡轮转速 n_T 的升高而增大，因此，在不同工况其速度三角形就产生如图24.1-16 所示的变化。涡轮出口速度环量随转速 n_T 的升高而增大，Γ_{T2}由负值逐渐增为较大的正值。据式(24.1-12)可知，随转速 n_T 的升高，$-M_T$ 的绝对值变小。

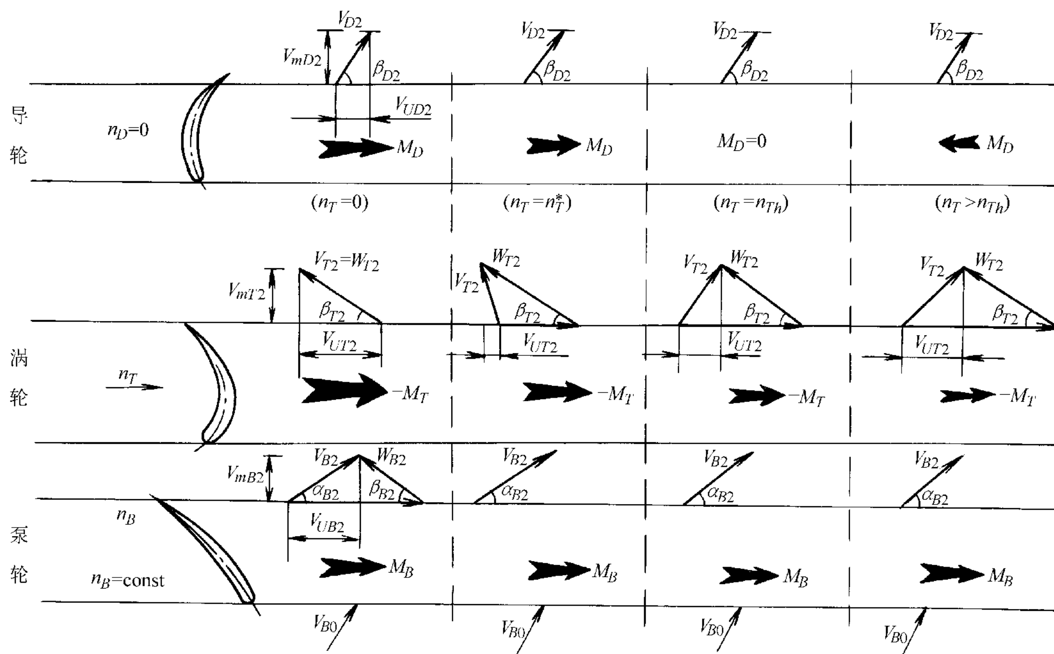


图 24.1-16　不同工况时液力变矩器叶轮出口速度三角形

3）导轮　导轮进口前的速度环量 Γ_{D0}始终与涡轮出口速度环量 Γ_{T2}相等，而出口的绝对速度 V_{D2}的大小及方向也始终不变，亦即出口速度环量 Γ_{D2}始终不变。所以，由式(24.1-13)可知，M_D 随涡轮转速 n_T 的升高而减小。当导轮进口与出口速度环量相等($\Gamma_{D2}=\Gamma_{D0}$)时，导轮力矩 $M_D=0$，此时，$M_B=-M_T$，这个工况称为偶合工况。当 n_T 继续升高时，导轮力矩 M_D 改变方向，变为负值，见图 24.1-15。

以上分析是假定循环流量 Q 为常数时的情况。事实上循环流量 Q 是随工况不同而变化的，Q 的变化会对泵轮、涡轮和导轮力矩的大小产生一定影响，但它们的基本变化规律并无原则区别。

4　液力元件的特性

液力偶合器和液力变矩器的性能可用特性参数和特性曲线来评定。

4.1　特性参数

液力偶合器和液力变矩器的特性可由下列参数来表示

1）转速比 i　涡轮(输出)转速与泵轮(输入)转速之比称为转速比。

$$i=\frac{\omega_T}{\omega_B}\quad 或\quad i=\frac{n_T}{n_B}\qquad(24.1\text{-}15)$$

转速比 i 用来表示液力元件的工况。

涡轮转速 $n_T=0$(或 $\omega_T=0$)的工况，即 $i=0$ 的工况，称为零速工况，以 i_0 表示。

2）泵轮力矩系数 λ_B　液力元件传递功率的能力称为能容。泵轮力矩系数 λ_B 为评价能容大小的参数，其值为：

$$\lambda_B=\frac{M_B}{\rho\omega_B^2D^5}=91.19\frac{M_B}{\rho n_B^2D^5}\qquad(24.1\text{-}16)$$

式中　M_B——泵轮力矩(N·m)；

ρ——工作液体密度(kg/m³)；

ω_B——泵轮角速度(rad/s)；

D——有效直径(m)；

n_B——泵轮转速(r/min)。

不同型式的液力元件 λ_B 值不同。对同一液力元件，λ_B 是转速比的函数，即 $\lambda_B=f(i)$。

几何相似的液力元件，在转速比相同时，λ_B 值相等。

λ_B 值一般由试验测得。

3）公称力矩　为了使用上的方便和对液力变矩的容量进行标定，引入公称力矩的概念。液力变矩器泵轮转速 $n_B = 1000\text{r/min}$，最高效率工况 i_η 时的泵轮力矩称为该液力变矩器的公称力矩，以 M_{Bg} 表示。

$$M_{Bg} = 1.0966 \times 10^4 \times \lambda_{B\eta}\rho D^5 \quad (24.1\text{-}17)$$

在最高效率工况，不同泵轮转速 n_B 的力矩为

$$M_B = M_{Bg}\left(\frac{n_B}{1000}\right)^2 \quad (24.1\text{-}18)$$

4）变矩系数 K　变矩系数 K 为涡轮力矩（输出力矩）与泵轮力矩（输入力矩）之比。它表示液力元件改变力矩的能力。

$$K = -\frac{M_T}{M_B} \quad (24.1\text{-}19)$$

由于输出力矩与输入力矩方向相反，故在上式中加负号，以使 K 为正值。

对于液力偶合器，$K=1$。

对于液力变矩器，在转速比小于偶合工况时，$K>1$。

5）效率 η　效率（总效率）η 为输出功率 P_T 与输入功率 P_B 之比。

$$\eta = \frac{P_T}{P_B} = \frac{-M_T\omega_T}{M_B\omega_B} \quad (24.1\text{-}20)$$

液力元件的功率损失为各种机械损失与液力损失之和。

机械损失主要是轴承、密封和圆盘摩擦损失。液力损失主要是液力摩擦、流道转弯、扩散、收缩等局部损失和叶轮进口的冲击损失。液力损失占比重较大，在偏离设计工况时尤甚。

对于液力偶合器，如不计机械损失，由于 $M_B = -M_T$，故

$$\eta = i \quad (24.1\text{-}21)$$

对于液力变矩器

$$\eta = Ki \quad (24.1\text{-}22)$$

6）转差率 S　液力偶合器泵轮与涡轮的转速差与泵轮转速之比称为转差率

$$S = \left(\frac{\omega_B - \omega_T}{\omega_B}\right)100\% \quad (24.1\text{-}23)$$

7）过载系数 T_g　液力偶合器的最大力矩 M_{max} 与额定力矩 M_n 之比称为过载系数

$$T_g = \frac{M_{max}}{M_n} \quad (24.1\text{-}24)$$

最大力矩可能在零速工况（$i=0$），也可能在其他工况，视液力偶合器特性而定。

起动工况时的输出力矩 M_0 与额定力矩 M_n 之比称为起动过载系数，以 T_{g0} 表示

$$T_{g0} = \frac{M_0}{M_n} \quad (24.1\text{-}25)$$

制动工况时的输出力矩 M_z 与额定力矩 M_n 之比称为制动过载系数，以 T_{gz} 表示。

$$T_{gz} = \frac{M_z}{M_n} \quad (24.1\text{-}26)$$

8）最高效率 η_{max}　液力变矩器在变矩器工况区的效率最高值称为最高效率 η_{max}。它一般处于设计工况右侧。最高效率在一定程度上反映液力变矩器经济性能的优劣。

9）高效范围 G_η　液力变矩器的效率高于某一规定值的工作范围称为高效范围。以此范围内最高转速比 i_{g2} 与最低转速比 i_{g1} 的比值来表示高效范围的大小，见图 24.1-17。

$$G_\eta = \frac{i_{g2}}{i_{g1}} = \frac{K_{g1}}{K_{g2}} \quad (24.1\text{-}27)$$

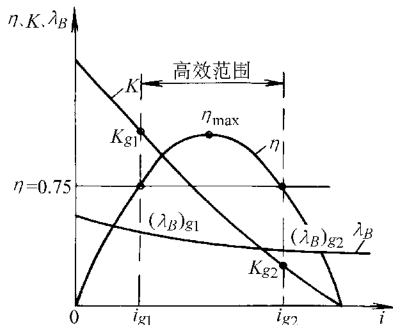


图 24.1-17　液力变矩器的高效范围

例如，$G_{0.75}=2.2$ 表示效率 $\eta \geqslant 0.75$ 时的工作范围为 2.2。

高效范围也是评价液力变矩器经济性能的指标之一。高效范围越大动力范围也越大，经济性能越好。

10）透穿数 T　液力变矩器泵轮转速不变时，载荷变化引起泵轮力矩系数 λ_B（或输入力矩）变化的性能，称为液力变矩器的透穿性。

透穿性的大小用透穿数 T 表示

$$T = \frac{\lambda_{B0}}{\lambda_{Bi}} \quad (24.1\text{-}28)$$

式中　λ_{B0}——零速工况的泵轮力矩系数；

λ_{Bi}——某一工况的泵轮力矩系数，在实际使用中视液力变矩器不同的型式，有的采用偶合器工况的 λ_{Bh}，有的采用最高效率工况的 $\lambda_{B\eta}$。

载荷的变化会引起工况改变，也即转速比的改变。

λ_B 不随 i 而变化的性能称为非透穿性，此时 $T=1$。实际上 λ_B 不可能绝对不变，一般认为当 $T=0.9\sim1.1$ 时，具有非透穿性，见图 24.1-18。

λ_B 随 i 的增大而减小，且 $T>1.1$，具有正透穿性，见图 24.1-18。

λ_B 随 i 的增大而增大，且 $T<0.9$，具有负透穿性，见图 24.1-18。

某些液力变矩器在牵引工况区，既有正透穿性又有负透穿性，称为具有混合透穿性。

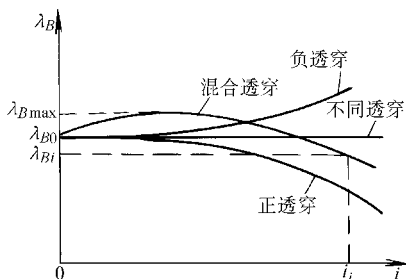
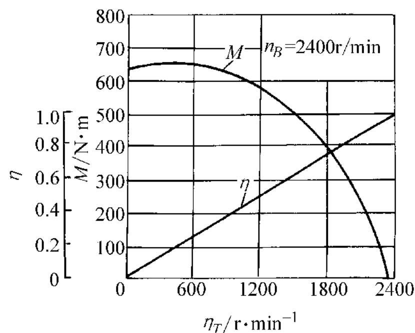


图 24.1-18　液力变矩器的透穿性

4.2　特性曲线

从特性曲线可以全面了解液力元件在各种不同工况时的性能。经常使用的有外特性曲线和原始性能曲线，有时还用到全特性曲线。



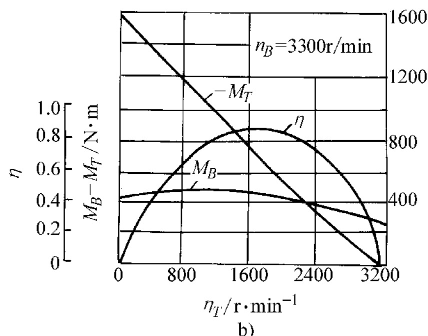


图 24.1-19　某种液力偶合器和液力变矩器的外特性曲线

a）液力偶合器　b）液力变矩器

4.2.1　外特性曲线

外特性曲线表示液力元件的力矩、效率与涡轮转速间的关系，一般由试验得出。

外特性曲线有两种表现形式。一种是在试验时保持泵轮转速 n_B 不变，测得 $M_T=f(n_T)$ 和 $M_B=f(n_T)$，然后用式(24.1-20)计算出 $\eta=f(n_T)$，绘制成曲线，如图 24.1-19。

另一种是在试验时保持泵轮力矩为恒定值，测得 $M_T=f(n_T)$ 和 $n_B=f(n_T)$，然后用式(24.1-19)计算出 $\eta=f(n_T)$，绘制成曲线，如图 24.1-20。

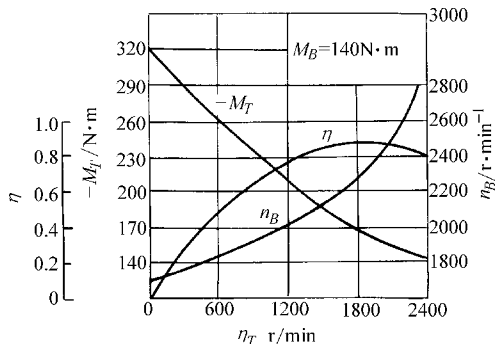


图 24.1-20　某种液力变矩器的外特性曲线

以上两种曲线使用场合不同。一般运输车辆(如汽车、小轿车)常使用 M_B 为恒定值时的外特性曲线。其他机械常使用 n_B 为恒定值时的外特性曲线。

4.2.2　原始特性曲线

原始特性曲线是以 $\lambda_B=f(i)$，$\eta=f(i)$ 和 $K=f(i)$ 的形式来表示的特性曲线。它是在外特性曲线的基础上，用式(24.1-15、16、19、20)进行计算而绘制的，如图 24.1-21。

对于液力偶合器，由于变矩系数 $K=1$，效率等于转速比，即 $\eta=i$，所以通常只绘出 $\lambda=f(i)$ 的关系曲线。

4.2.3　全特性曲线

外特性曲线和原始特性曲线均为牵引工况时的特性，这时，特性曲线位于直角坐标的第Ⅰ象限内。功率由泵轮传给涡轮的工况称为牵引工况。

图 24.1-22 和图 24.1-23 为某种型式液力偶合器和液力变矩器的全特性曲线。

在某些工作机上，涡轮轴上的载荷力矩不但数值变化范围大，而且会改变作用方向，因而工作区域就会超出第Ⅰ象限。

泵轮正转，涡轮在载荷带动下反转的工况称为反转制动工况。这个工况转速比为负值，特性曲线位于第Ⅱ象限。

涡轮力矩小于零的工况称为超越工况。此时，涡轮轴上的力矩成为驱动力矩，特性曲线位于第Ⅳ象限内。超越工况包括超越制动工况和反转工况。

在超越工况中，涡轮在载荷的带动下，泵轮从动力机吸收功率的工况称为超越制动工况，如图 24.1-23 中第 3 工况区。在这个工况区内，泵轮和涡轮同时由外界输入功率，全部转换为热能，液力变矩器起制动作用。

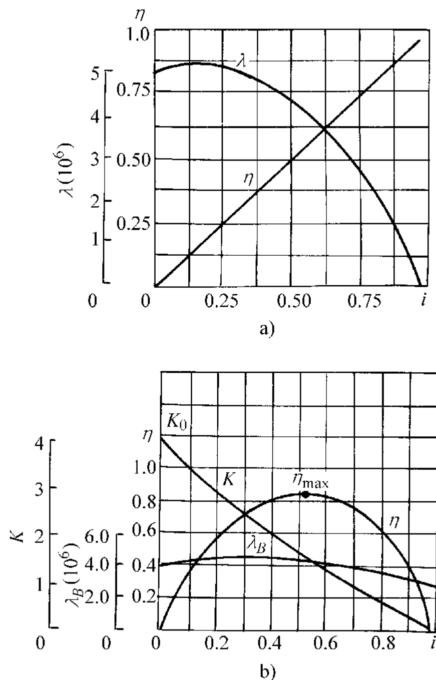


图 24.1-21　某种液力偶合器和液力变矩器的原始特性曲线

a）液力偶合器　b）液力变矩器

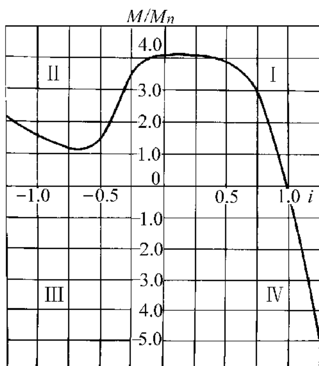


图 24.1-22　某种液力偶合器的全特性曲线

在超越工况中，泵轮把功率反传给动力机，也即泵轮力矩小于零的工况称为反传工况，如图 24.1-23 中第Ⅳ工况区。在这个工况区内，涡轮输入功率，泵轮输出功率。

液力变矩器型式不同，全特性曲线不同。

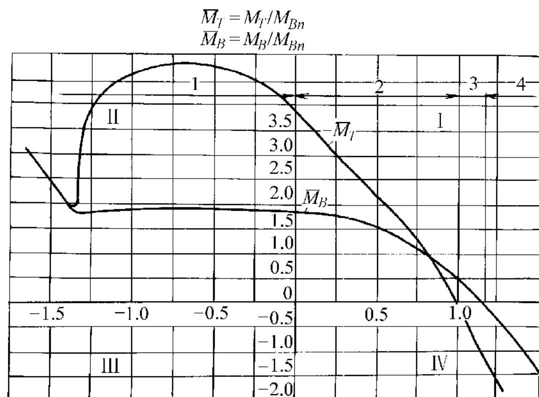


图 24.1-23　某向心涡轮液力变矩器的全特性曲线

1—反转制动工况区　2—牵引工况区

3—超越制动工况区　4—反传工况区

$-\overline{M}_T = -M_T/M_{B\eta}$　$\overline{M}_B = M_B/M_{B\eta}$

5　液力元件的类比设计

液力元件的设计是以对叶轮叶栅系统与液流之间的相互作用及能量交换过程的研究作为理论基础的。实际上在液力元件里，叶轮与液流间的能量交换是一个非常复杂的过程，很难给出理论上的严格解答。

液流在液力元件里的运动是一空间流动。为使问题简化，目前在设计液力元件时，主要还是采用束流理论（一元理论）。但这样只能求得近似的结果。所以，每设计新型液力元件时，都要经过设计—试制—试验—改进等几个周期。这样，工作量大，周期长，成本高。

目前，在设计液力元件时，为了节省时间，简化设计程序，多采用类比设计的方法。即在已有的性能良好的液力元件中，先选定一种原始特性能满足设计要求的液力元件为模型，将其叶栅系统（即由循环圆和叶片组成的系统）按流体力学的相似理论放大或缩小，以满足与动力机的良好匹配。结构方面可参照一般机械结构的设计方法进行设计。

5.1　相似理论在液力元件中的应用

根据流体力学有关相似原理的基本理论，欲使二个液力元件的液体流动具有相同的物理性质，也即力学相似，必须满足几何相似、运动相似和动力相似等三个必要和充分的条件。

1）几何相似　实际流动与模型流动对应部分的夹角相等，尺寸大小成比例。对液力元件则为叶栅系统几何相似。

2）运动相似　实际流动和模型流动对应点的速度方向相同、大小成比例。对液力元件则为转速比相等。

3）动力相似　实际流动与模型流动对应点上作用着相同性质的力，方向相同、大小成比例。对液力元件则为雷诺数 Re 相等。

实际上，要使两种流动完全符合力学相似是不可能的。因为对应点上各种作用力都成比例是无法满足的。因此，通常只考虑影响流动规律的主要作用力，使其符合相似准则。这种相似称为部分动力相似。液力元件中主要作用力是惯性力和粘性力，也即雷诺数 Re 相等则认为其动力相似。

其实，雷诺数 Re 要做到相等也是相当困难的。因为当模型比实物尺寸小 m 倍时，要使雷诺数 Re 相等，则必须使模型的泵轮转速比实物大 m^2 倍，这一条件很难做到。

有关文献推荐，对液力元件的雷诺数 $Re>(5\sim8)\times10^4$ 时，流动将接近自动模化区的范围，此时，即使模型与实物的 Re 有差别，但仍能基本上保持动力相似。这样，在应用相似理论时，只考虑几何相似和运动相似即可。

液力元件雷诺数 Re 的表达式为

$$Re=\frac{\rho\omega_B D^2}{\eta} \qquad (24.1\text{-}29)$$

式中　ρ——工作液体密度（kg/m^3）；

ω_B——泵轮转速（rad/s）；

D——有效直径（m）；

η——工作液体动力粘度（Pa·s）。

采用工程单位制时，Re 的表示式为

$$Re=\frac{n_B D^2}{\nu}$$

式中　n_B——泵轮转速（r/min）；

D——有效直径（m）；

ν——工作液体运动粘度（m^2/s）。

5.2　相似准则

在液力元件中常用下列相似准则：

几何相似的液力元件，在相似工况下：

1）流量与有效直径的三次方、泵轮转速的一次方成正比

$$\frac{Q_M}{Q_S}=\left(\frac{D_M}{D_S}\right)^3\frac{\omega_{BM}}{\omega_{BS}} \qquad (24.1\text{-}30)$$

式中　下角标 M——实物；

S——模型。

2）能头与有效直径及泵轮转速的二次方成正比

$$\frac{H_M}{H_S}=\left(\frac{D_M\omega_{BM}}{D_S\omega_{BS}}\right)^2 \qquad (24.1\text{-}31)$$

3）功率与有效直径五次方、泵轮转速三次方及液体密度一次方成正比

$$\frac{P_M}{P_S}=\left(\frac{D_M}{D_S}\right)^5\left(\frac{\omega_{BM}}{\omega_{BS}}\right)^3\frac{\rho_M}{\rho_S} \qquad (24.1\text{-}32)$$

此准则也可写成

$$\lambda_{BP}=\frac{P_B}{\rho\omega_B^3 D^5}=常数 \qquad (24.1\text{-}33)$$

式中　λ_{BP}——液力元件泵轮功率系数，对一系列几何相似、运动相似的液力元件，泵轮功率系数相等。

4）力矩与泵轮转速的二次方、有效直径的五次方及液体密度的一次方成正比

$$\frac{M_M}{M_S}=\left(\frac{\omega_{BM}}{\omega_{BS}}\right)^2\left(\frac{D_M}{D_S}\right)^5\frac{\rho_M}{\rho_S} \qquad (24.1\text{-}34)$$

此准则也可写成

$$\lambda_B=\frac{M_B}{\rho\omega_B^2 D^5}=常数 \qquad (24.1\text{-}35)$$

式中　λ_B——泵轮力矩系数，对一系列几何相似、运动相似的液力元件、泵轮力矩系数相等。

5）轴向力与泵轮转速的二次方、有效直径的四次方及液体密度的一次方成正比

$$\frac{F_M}{F_S}=\left(\frac{\omega_{BM}}{\omega_{BS}}\right)^2\left(\frac{D_M}{D_S}\right)^4\frac{\rho_M}{\rho_S} \qquad (24.1\text{-}36)$$

6）补偿压力与泵轮转速和有效直径的二次方及液体密度的一次方成正比

$$\frac{p_M}{p_S}=\left(\frac{\omega_{BM}D_M}{\omega_{BS}D_S}\right)^2\frac{\rho_M}{\rho_S} \qquad (24.1\text{-}37)$$

5.3　类比设计的步骤

根据相似准则可知，任何一组几何相似、运动相似和动力相似的液力元件，其原始特性都是一样的。因此，在类比设计时，就可把模型液力元件的原始特性，看作是实物液力元件的原始特性。

类比设计的步骤如下：

1）根据工作机对实物液力元件提出的使用要求和它与动力机的匹配原则，利用模型液力元件的原始特性，确定实物液力元件的有效直径 D_S。

2）求出 D_M 和 D_S 的比值 D_M/D_S。

3）将模型液力元件叶栅系统按比值 D_M/D_S 放大（或缩小），叶栅系统叶片角度不变，对应叶轮的叶片数也不变。

4）轴向力按式(24.1-36)放大(或缩小)。

5）补偿压力按式(24.1-37)确定。

在实际设计中，因实物与模型液力元件可能不一样结构和辅助系统，故补偿压力不一定相似。由此，轴向力也就不同。

在进行类比设计时，应注意下列问题。

理论上模型和实物液力元件的原始特性应该是一

样的。但实际上做不到完全相似，因此，原始特性总会有些差异。虽然某些文献中提出过对这些差异的修正方法，但都是针对某种特定型式的液力元件而言。对原始特性影响较大的有二个因素：一是有效直径放大或缩小的尺寸因素；一是随使用条件不同泵轮转速改变的转速因素。

尺寸因素的影响：实际上要保证严格的几何相似是不可能的。因为随着有效直径的改变将引起下面一些变化：①液流的雷诺数改变；②液力元件叶轮叶片流道表面相对粗糙度改变，而不同的粗糙度对液流有不同的阻力系数；③当有效直径改变较大时，因受工艺及材料强度条件的限制，叶片厚度也不能严格的几何相似，因此，会使排挤系数改变。定性地讲，尺寸因素对原始特性的影响是随着有效直径的增大，效率增高，变矩系数增大(对液力变矩器)，能容减小(在排挤不变的情况下)。

泵轮转速的影响：随着泵轮转速的改变，液流雷诺数改变。定性地讲，转速因素对原始特性的影响是，随着泵轮转速的增高，效率增高，能容降低。对于液力变矩器，变矩系数随着转速的增高而增大，但增至某一值时就不再增大，而是随着转速的增高而减小。

原始特性虽然受尺寸和转速因素的影响，但是，在尺寸改变不太大、雷诺数在自动模化区内变化时，特性的改变很小，一般都能满足使用要求。

6　液力元件的试验

目前，液力元件的设计理论还不够完善，不能用计算的方法求得足够准确的特性，其特性只能用试验来取得。因此，在设计、制造和应用时，试验是很重要的一环。

任何机器的传动系统在采用液力传动方案时，某传动装置的设计都应以液力元件的试验特性来作为设计依据。因此，对选用液力元件的设计者，了解试验的重要性是非常必要的。

在研制液力元件时，试验的内容很多。而在实际使用中，经常使用的特性是外特性和原始特性。外特性由试验测得，原始特性由外特性换算而来。实际上，它们都是试验特性。

具体试验时，要注意两个问题：

1）在试验时，一定要按照给定的规范和有关标准进行。

2）试验台架要符合要求。

只有这样，试验结果才能准确，不同试验室的试验结果才能直接相互比较。

6.1　试验方法

1）普通型和限矩型液力偶合器　试验按照《JB/T 9004.2—1999 普通型、限矩型液力偶合器型式试验》的规定进行。

2）调速型液力偶合器　试验按照《JB/T 4238.3—1986 调速型液力偶合器、液力偶合器传动装置型式试验方法》的规定进行。

3）液力变矩器　试验按照《GB/T 7680—1987 液力变矩器性能试验方法》的规定进行。在这个标准中，规定了定力矩和定转速两种试验方法，可根据整机的使用特点来选择。除运输车辆，如汽车和小轿车外，一般都选用定转速试验。

6.2　试验台架

6.2.1　试验台的布置要求

1）试验台的布置应简单，尽可能减少影响测试精度的中间环节。

2）非专用试验台应具有通用性，易于拆装和调整。

3）保证被试的液力元件处于正常工作位置。

4）台架的联结要考虑力矩测量装置在台架上的安装位置能进行静标定。

5）测试仪表应集中在易于看清读准的位置。并尽量数字化、自动记录。

6）台架应有保护装置和安全措施。

6.2.2　试验台的组成

试验台是由驱动装置、加载装置、支撑联接装置、测试仪表和辅助系统组成。试验台的布置见图24.1-24。

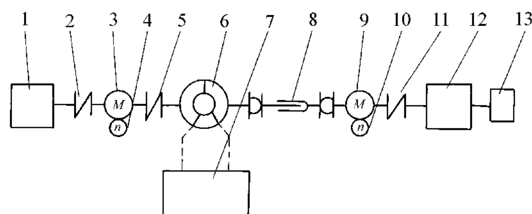


图24.1-24　试验台布置简图

1—驱动装置　2、5、11—弹性联轴器　3、9—转矩传感器　4、10—转速传感器　6—被试液力元件　7—辅助系统　8—万向联轴器　12—加载装置　13—制动锁紧机构

1）驱动装置　驱动装置是为试验提供稳定转速(或转矩)的动力。可供选择的设备有电力测功机、直流电动机、交流调速电动机和交流电动机配变速器。

2）加载装置　加载装置的作用是，在整个试验范围内吸收液力元件的输出功率。在做超越制动和反传工况试验时，还要为液力元件输入功率。可供选择的设备有电力测功机、直流电动机、电涡流测功机、水力测功机和制动器等。为了测定零速工况的特性参

数，除制动器外，还应设置能使加载装置转轴不动的锁紧机构。

3）辅助系统　辅助系统是保证液力变矩器和调速型液力偶合器正常工作的油路系统。普通型和限矩型液力偶合器不需要辅助系统。

对辅助系统的要求是，能对流量和压力进行调节，并具有加温、冷却、滤清和安全保护的功能。系统的最大流量应根据试验台的容量和液力元件在试验时最大的功率损失来确定。

6.2.3　设备容量的选择

试验台各设备的容量，应根据液力元件的容量及其变矩系数的大小来选择。

1）驱动装置　其容量应按被试液力元件的转速和该转速下的最大力矩来选择，以保证有足够的驱动力矩和转速。

一般液力元件的最大试验转速为使用时的额定转速。若没有足够容量的驱动设备，根据相似原理，允许降低转速进行试验，但必须保证雷诺数 $Re \geqslant 5\times10^4$。

2）加载装置　要求在任何试验工况下，都能产生足够的制动力矩。为了充分利用驱动装置，加载装置的最大力矩按下式计算。

$$M_{j\max} = K_{i\min} M_{de}$$

式中　$M_{j\max}$——加载装置的最大力矩（N·m）；

$K_{i\min}$——液力元件最小试验转速比时的变矩系数；

M_{de}——驱动装置的额定力矩（N·m）。

7　液力传动的工作液体

目前液力元件广泛采用矿物油作为工作液体。也有部分液力偶合器采用以水为基础的难燃液。完全采用水为工作液体的液力偶合器，国内外均在研制，已有少量产品。

7.1　液力传动用油的基本要求

液力传动用油，除作为工作介质外，还起润滑和冷却的作用，有时还一同作为液力传动装置及其液压操纵系统的工作介质，对传动装置进行润滑、冷却和操纵。因此，应根据具体结构和使用条件来选择油的种类。

液力传动对油的主要要求是：

1）粘度　粘度是衡量工作油粘稠程度的指标，它表示液体流动时分子间摩擦阻力的大小。粘度过大和过小都不好。过大引起液力元件效率降低，过小不能保证机械部分的良好润滑。在保证良好润滑的前提下，粘度越小越好。一般要求，在100℃时油的运动粘度 $\nu_{100}=(5\sim8)\times10^{-6}\mathrm{m^2/s}$。

在使用过程中，粘度可能变大或变小，当粘度超过新油粘度值的20%时，工作油必须更换。

2）粘度指数　粘度随温度升降而变化的性能称为粘温性能，用粘度指数来表示。粘度变化越大，粘度指数越小。液力传动要求油的粘度指数大些，以保证低温和高温时都有良好的润滑性能。一般要求粘度指数大于90~100，或者要求50℃与100℃时运动粘度之比 $\nu_{50}/\nu_{100}<4.5$。

3）闪点　油加热蒸发与空气混合所形成的可燃气体，接触明火即燃烧的最低温度称为闪点。液力传动中，油温经常达80~110℃，有时甚至高达150℃。故要求闪点高些，一般要求闪点比最高工作油温高40~60℃。

4）凝点　工作油失去流动性能时的温度称为凝点。凝固主要是因油中含有固体石蜡的缘故，脱蜡越深，凝点越低。但高度脱蜡会使粘温性能变坏和油的价格提高。所以，要求凝点比使用气温稍低即可。

5）泡沫　液力传动要求油的抗泡沫性能良好。工作中产生泡沫过多，会使传递功率下降，效率降低，换档失灵，冷却效果下降及油品加速老化。常用若干毫升油中气泡的个数来表示抗泡沫性，如50/0则表示50mL的油中有0个气泡。

6）相对密度　相同有效直径的液力元件，工作油的相对密度越大，传递功率越大。故要求油的相对密度尽可能大。

7）抗氧化安定性　抗氧化安定性不好，工作油很快变质，粘度增大，产生大量酸类、胶质、沥青和沉淀物，使腐蚀加剧并引起管道阻塞。因此，液力传动要求工作油具有良好的抗氧化性能。

8）酸值　油中的酸值过大，腐蚀性增大。一般要求酸值低于1.2~1.5mg(KOH)/g。

7.2　液力传动常用油的种类

国内外液力传动用油的种类很多。国内一般采用22号汽轮机油，近年来还生产了液力传动专用油。

8号液力传动油是以低粘度精制馏分油为基础油，然后加入增粘、降凝、抗磨、抗氧化、防锈、抗泡沫等添加剂制成。

6号液力传动油是以22号汽轮机油为基础油，再加入增粘、降凝、清净分散、抗氧化、抗腐、防锈、抗泡沫等添加剂制成。

对于液力元件与自动换档控制系统共用同一种油的传动装置，如小轿车的传动装置，可采用8号液力传动油。

对于工程机械、载重汽车及其他液力元件，可采用6号液力传动油。

内燃机车液力传动的专用油有Ⅰ和Ⅱ两种。

这些油的性能参数见表24.1-1。

7.3 水基难燃液的种类

限矩型液力偶合器在煤矿井下刮板输送机上得到广泛应用。但因井下工况恶劣，仍有因液力偶合器高温喷油引起火灾的事件发生。于是，国内外对以水为基础介质的难燃液进行了大量研究。目前，已有几种国产的水基难燃液用于井下的限矩型液力偶合器，其理化性能见表24.1-2。

表24.1-1 液力传动用油的性能参数指标

性能	22号汽轮机油	8号液力传动油	6号液力传动油	内燃机车专用油	
				Ⅰ	Ⅱ
相对密度(20℃)	0.901	0.860	0.872	0.872	0.865
粘度/$mm^2 \cdot s^{-1}$	20～23 (50℃)	7.5～9 (100℃)	22～26 (50℃)	23.6(50℃) 5.8(100℃)	23.2(50℃) 5.9(100℃)
运动粘度比($\nu_{50}/\nu_{100}\leqslant$)		3.6	4.2	4.1	3.9
粘度指数	>90				
	180	150	180	197	190
凝点/℃(不高于)	-15	-50 -25 注	-25	-25	-38
氧化后酸值/(mg(KOH)/g)	0.02			1.03	1.11
铜片腐蚀(100℃×3h)		合格	合格		
抗泡沫性/mL		50/0(93℃)	55/0(120℃)	10/0(120℃)	
		25/0(24℃)	10/0(80℃)	10/2(80℃)	
抗乳化度时间/min(≤)	8				
临界载荷/N(不小于)		785	824	824	785
灰分(%)				0.21	0.22
磨损直径2.94MPa/20min				0.332	0.41
颜色	无色透明	红色透明	浅黄色透明	淡黄色透明	淡黄色透明

注：-50℃适用于长城以北地区，-25℃适用于长城以南地区。

表24.1-2 国内液力传动难燃液性能参数指标

性能指标		WG-5	MCD	HW-3A	HW-4	KYP	HG-3
浓缩物	外观	红色透明液体	红棕色液体	深红色固体粉末	深红色透明液体	双液型 不透明液体	深褐色透明 油状物
	闪点/℃	无	>130	无	无	KYP-1 >130 KYP-2 无	240
	与水配比	55∶45	5∶95	3∶97	根据需要[①]	4∶96	5∶95
配制后难燃液性能							
相对密度		1.038	1.006	1.01	1.03～1.08	1.01	0.99
闪点/℃		无	无	无	无	无	无
粘度50℃/$10^{-6}m^2 \cdot s^{-1}$		2.82	1	0.93	1.04	0.94	1.05
凝点/℃		-40		-5	-10～-70	-5	-2
pH值		8.1	8	8～9	10～11	8	7.5～8.5
稳定性	高温		120℃ 3h 不分层	90℃ 2h 不分层	90℃ 2h 不分层	90℃ 48h 不分层	90℃ 400h 不分层
	高速离心			2000r/min 30min 不分层	2000r/min 30min 不分层	1000r/min 30min 不分层	5500r/min 30min 不分层
发泡消泡	发泡高度/mL	300		20	5	20	48
	消泡时间/s	150	600	180	30	150	285
抗磨性能	P_B/N	980	490	618	510		785
	P_d/N			4903	1236		1569
	d_t^P/mm	$d_{30}^{30}=0.56$	$d_{30}^{40}=0.6$	$d_{30}^{40}=0.76$	$d_{30}^{40}=0.59$	$d_{60}^{20}=0.73$	$d_{30}^{40}=0.54～0.64$

（续）

性能指标	WG-5	MCD	HW-3A	HW-4	KYP	HG-3
配制后难燃液性能						
抗腐性能	对铝、钢、铜 50℃静泡 48h 50℃ 1200r/min 200h 无锈蚀	铝 65℃ 1.9×10^{-2} mm/年 钢 65℃ 8.7×10^{-2} mm/年	铜、钢、铁、铝标准试片 90℃ 24h 重量变化 <5/10000g	铜、钢、铁、铝标准试片 90℃ 24h 重量变化 <5/10000g	铝 100℃，48h 质量损失 0.035% 钢 100℃，48h 质量损失 0.03%	铝 90℃，400h 1.08×10^{-2}mm 钢 90℃，400h 4.73×10^{-3}mm
水质适应范围	蒸馏水或去离子水	$\leqslant500\times10^{-6}$ 生活用水	$\leqslant500\times10^{-6}$ pH 值 6~11 自来水或矿井水	$\leqslant500\times10^{-6}$ pH 值 6~11 自来水或矿井水	$\leqslant160\times10^{-6}$	$\leqslant500\times10^{-6}$ pH 值 5~7 自来水
橡胶密封适应性	40℃，一个月质量、体积无变化	70℃，168h 质量变化 <6%	<1%	<1%	100℃，24h 质量变化 <8.6%	90℃，400h 质量变化 <3.09%
工业试验	装机试验 5 个月无异常	装机试验一年无异常	装机试验 5664h 无异常	装机试验 1904h 无异常	装机试验 106 天无异常	装机试验 16 个月无异常
研制单位	能源部石油化工科学研究院	煤炭部煤科院开采所	机电部天津工程机械研究所 天津轻工业化学研究所		中国矿冶学院北京研究生部	华中科技大学

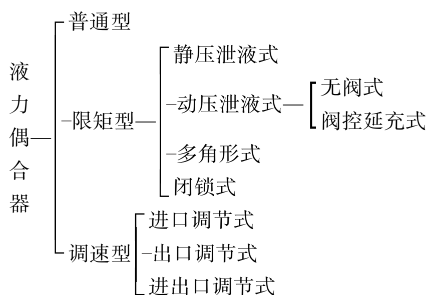
① HW-4 适应于露天使用。根据需要改变水的配比度，凝点可从 -10 ~ -70℃变化，表中的参数水的配比为 90%。

第 2 章　液力偶合器

1　液力偶合器的分类

1.1　按功能分类

液力偶合器按功能可分为普通型、限矩型和调速型三类。具体分类如下：



1.1.1　普通型液力偶合器

图 24.2-1 为普通型液力偶合器的原理简图。

普通型液力偶合器结构简单，只有泵轮、涡轮、外壳和轴等几个主要构件。因无任何限矩和调速的结构措施，在相同的有效直径下，工作腔容积大。整个工作腔充满和近于充满工作液体，能容大、效率高。不足的是过载系数较大，一般 $T_g=6\sim7$，有的甚至高达 20 左右。

普通型液力偶合器多应用在不需要过载保护和调速的传动系统中，只起平稳起动、隔振和减缓冲击的作用。如外加辅助系统，使工作腔可以充排油，则也可以做液体离合器使用。

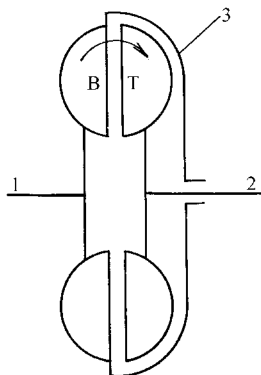


图 24.2-1　普通型液力偶合器原理简图

B—泵轮　T—涡轮

1—泵轮轴　2—涡轮轴　3—外壳

具体多用于舰船和绕线机等传动系统中。

1.1.2　限矩型液力偶合器

1）静压泄液(带阻流板)式　图 24.2-2 为静压泄液式的原理简图。这种型式的液力偶合器是利用侧辅腔 3 与工作腔中静压力的平衡关系来调节充液量。侧辅腔在涡轮 T 与旋转外壳 5 之间，有较大的容积。涡轮出口处设有阻流板 4。侧辅腔内的液体大致以泵轮和涡轮的平均转速旋转，并以旋转所产生的离心力来达到与工作腔中的液体压相平衡。在额定工况，因涡轮转速接近泵轮转速，故侧辅腔中液体的旋转速度高，离心力大，平衡后的液面半径为 r_n。当载荷增大，涡轮转速降低时，侧辅腔内液体的旋转速度也降低。离心力减小，静压头减小，工作腔内的液体有一部分流入侧辅腔，使侧辅腔的液面半径减小为 r_i。这时，由于工作腔中液体减少，致使液力偶合器能容减小，起到限矩作用。与此同时，由于涡轮转速降低，液体在工作腔内趋向于大循环流动，而设置在涡轮出口处的阻流板 4 却强迫液体向上作小循环流动，使力矩不能增加，也可起到限矩作用。

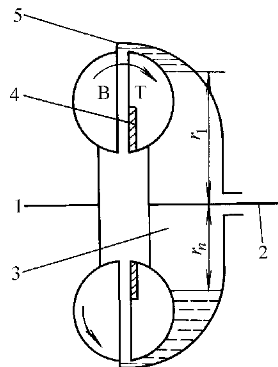


图 24.2-2　静压泄液式液力偶合器原理简图

B—泵轮　T—涡轮

1—泵轮轴　2—涡轮轴　3—侧辅腔

4—阻流板　5—外壳

静压泄液式液力偶合器的特点是：结构比较简单；载荷变化时动态反映不灵敏；过载系数较动压泄液式大，一般 $T_g=2.7\sim3$。多应用在汽车、叉车、破碎机、起重机行走机构等过载不频繁的传动中。

2）动压泄液式　图 24.2-3 为动压泄液式的原理

简图。其结构特点是泵轮带有前辅腔 4 和后辅腔 3。在额定工况，工作腔中充液量较多，且作小循环流动。随着载荷的增大，转差率增大，涡轮转速降低，当降低到一定程度时，液流改变为大循环流动。此时，涡轮内的液流在动压作用下，较快地流入前辅腔 4，然后进入后辅腔 3，使工作腔中的液量减少，力矩被限制在一定的范围内。当载荷减小时，又转为小循环流动，动压泄液作用停止。后辅腔 3 中的液体通过泵轮上的孔 5 逐渐充入工作腔中，回至额定工况工作。

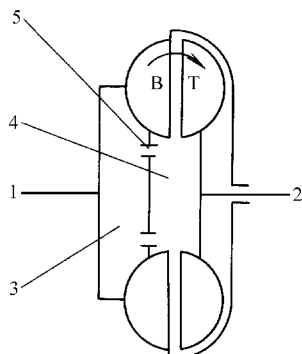


图 24. 2-3　动压泄液式工作原理简图
B—泵轮　T—涡轮
1—泵轮轴　2—涡轮轴　3—后辅腔
4—前辅腔　5—孔

动压泄液式液力偶合器的过载系数随充液量不同在一定范围内变化，一般 $T_g=1.8\sim3.5$。此种液力偶合器传递功率范围较宽，动态反映灵敏，过载保护性能好，但结构较静压泄液式复杂。多用于保护动力机和工作机不超过规定力矩的场合，如板式输送机、刮板输送机、带式输送机、斗轮挖掘机和刨煤机等。

阀控延充的动压泄液式液力偶合器的原理简图如图 24. 2-4。它在前辅腔 3 与后辅腔 4 之间装有转阀 5，用以进一步改善电动机的起动性能。

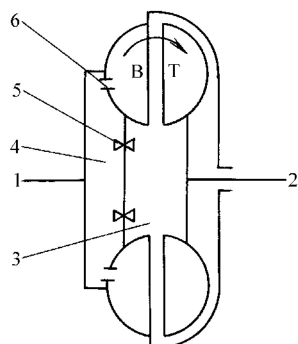


图 24. 2-4　阀控延充的动压泄液式的原理简图
B—泵轮　T—涡轮
1—泵轮轴　2—涡轮轴　3—前辅腔
4—后辅腔　5—转阀　6—孔

在电动机起动的瞬间，转阀 5 打开。此时涡轮转速 $n_T=0$，液流在工作腔中作大循环流动并泄入前辅腔 3，再经转阀 5 进入后辅腔 4，使工作腔内液体迅速大量减少，泵轮轴(即电动机轴)转速得以迅速提高。当泵轮转速提高到一定值时，阀 5 关闭。此后，后辅腔 4 的液体通过孔 6 逐渐充至工作腔，使涡轮逐步加速到额定工况。

此种液力偶合器的过载系数和传递功率范围与不带阀者相同。其特点是：电动机起动迅速，提高起动能力，延长起动时间。适用于大惯量平稳起动，如转子式破碎机和大型刮板输送机等。

3）多角形式　这种液力偶合器工作腔为多角形，图 24. 2-5 为其循环圆的形状。由图可见，在靠近有效直径处为圆角过渡，其他处为折角。在额定工况，工作腔中液流作小循环流动，且循环流量不大。液流与工作腔折角处接触较少，液力损失也较小，使能容提高。在低转速比时，循环流量增大，液流呈大循环流动。液流在折角处产生强烈的旋涡，液力损失急剧增大，大量能量耗损，从而降低了涡轮力矩，起到了限矩的作用。

这种形式结构简单，保护性能也较好。但在低转速比时，损耗的能量转化为热能，使工作液体温度上升，发热较严重，因而应用不够广泛。

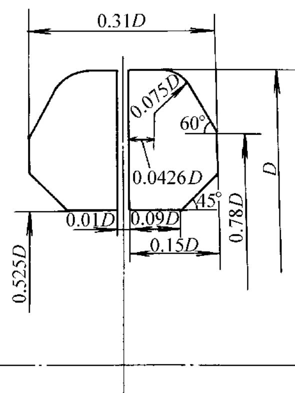


图 24. 2-5　多角形液力偶合器循环圆的形状

4）闭锁式　闭锁式液力偶合器的闭锁方式有多种，图 24. 2-6 为一种闭锁式液力偶合器的原理简图。它由一静压泄液式液力偶合器和离心式摩擦离合器组成。离合器装在侧辅腔 3 中，离合器主动片 8 通过联接盘 5 与涡轮联接。从动片 9 固结在外壳 4 上。离合器主动片 8 与滑块 7 通过销轴联接，滑块 7 可在联接盘 5 的径向导槽内滑动。

当涡轮转速升高到某一值时，主动片 8 连同滑块 7 在离心力作用下，沿联接盘 5 的径向导槽向外滑动，与从动片 8 相接触，产生摩擦力矩。此时功率通过两路传递，一路是泵轮轴—外壳—泵轮—涡轮—涡

轴轴；另一路是泵轮轴—外壳—摩擦离合器—涡轮轴。随着涡轮转速的升高，摩擦离合器传递的力矩与涡轮转速的二次方成正比地增大。当涡轮转速超过某一值后，离合器完全接合，成为直接传动，全部转矩由摩擦离合器传递。

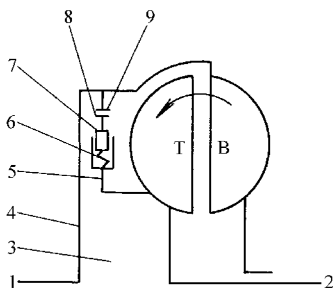


图24.2-6 闭锁式液力偶合器原理简图
B—泵轮 T—涡轮
1—泵轮轴 2—涡轮轴 3—侧辅腔 4—外壳 5—联接盘 6—复位弹簧 7—滑块 8—离合器主动片 9—离合器从动片

当载荷增大，涡轮转速下降时，离心力减小，复位弹簧使滑块缩回，离合器脱开，液力偶合器的功能得以恢复。

闭锁式液力偶合器与相同尺寸及规格的液力偶合器相比，可传递更大的功率。多用于大功率带式输送机上。

1.1.3 调速型液力偶合器

通过改变充液量来调节输出转速的液力偶合器称为调速型液力偶合器。调节充液量的方法很多，主要有出口调节式、进口调节式和进出口调节式三种。

1）出口调节式　通过改变工作腔出口流量来调速的称为出口调节式，其原理如图24.2-7所示。

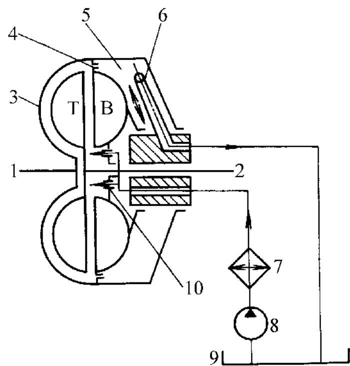


图24.2-7 出口调节式液力偶合器原理简图
B—泵轮 T—涡轮
1—泵轮轴 2—涡轮轴 3—旋转外壳 4—通流孔 5—辅腔 6—导管 7—冷却器 8—泵 9—油箱 10—进油孔

泵轮与旋转外壳3联接，并与泵轮外环构成辅腔5（也有旋转外壳与涡轮外环构成辅腔的结构）。辅腔5通过通流孔4与工作腔连通。当泵轮旋转时，辅腔5内形成旋转液环，使工作腔中的充液量与辅腔内的液位相适应。供油泵向工作腔供一定量的工作液体，导管排出等量的工作液体。当导管在向轴心方向移动时，旋转液环加厚。此过程中导管少排或不排工作液体。此时，工作腔中液量增加，使涡轮转速升高。反之，当导管向远离轴心的方向移动时，导管排液增加，液环减薄，工作腔中液量减少，使涡轮转速下降。

出口调节式的特点是调速反应比较灵敏，操作简便。广泛用于各种功率要求快速调速的场合，如风机、水泵和泥沙泵等。

2）进口调节式　通过改变工作腔进口流量来调速的称为进口调节式。

进口调节式的结构形式很多，主要有下面几种：

- 进口调节式
  - 喷嘴导管式
    - 伸缩导管式
    - 固定导管式
  - 喷嘴阀门式

图24.2-8为伸缩导管式的原理简图。泵轮带一个旋转辅腔4，工作腔由喷嘴3与辅腔连通。辅腔内有一导管5可沿径向移动或与泵轮轴1作偏心摆动。导管5的通流面积大于喷嘴3的通流面积。当导管沿径向向轴心方向移动时，辅腔内液量增多，而通过导管回到工作腔的液量减少，使工作腔内的充液量减少，涡轮转速下降，一直到喷嘴流量与导管流量相等为止。这时，液力偶合器在低转速比工况工作。反之，当导管沿径向向离开轴心的方向移动时，由导管回到工作腔的液量增多，涡轮转速升高，直至达到较高的涡轮转速。

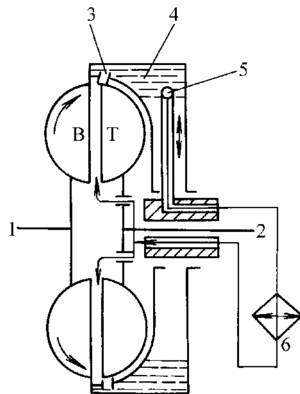


图24.2-8 伸缩导管式调速型液力偶合器的原理简图
B—泵轮 T—涡轮
1—泵轮轴 2—涡轮轴 3—喷嘴 4—辅腔 5—导管 6—冷却器

它的特点是辅助系统简单、结构紧凑，体积小，

重量轻。多用在 1000kW 以下，转速低于 1500r/min 的传动设备上。

由于导管的通流面积大于喷嘴的通流面积，在调速过程中降速时间要比升速时间长。

图 24. 2-9 为固定导管式的原理简图。泵轮与旋转的辅腔 5 联结。导管 6 固定不动，所以辅腔中液环的厚度不变，即所贮存液体的体积 V_1 不变。充满在循环管路中的液体体积 V_2 也为一定值。调速泵 8 为一双向定量齿轮泵。控制调速泵 8 的转向和开动时间，即控制了向循环系统中充入或抽出液体的液量。由于 V_1 和 V_2 不变，所以这一液量的变化就是工作腔中充液量的变化。当充入液体时，涡轮转速升高；当抽出液体时，涡轮转速降低。

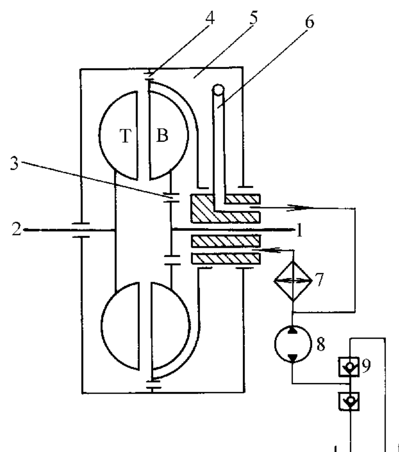


图 24. 2-9　固定导管进口调节式液力偶合器原理简图
B—泵轮　T—涡轮
1—泵轮轴　2—涡轮轴　3—通流孔　4—喷嘴　5—辅腔
6—导管　7—冷却器　8—调速泵　9—单向阀

调速泵的功率很小，并非经常工作，只在调速时才开动。调速泵也可采用手动泵。

由于辅腔不起贮液作用，与其他调速型液力偶合器相比，辅腔尺寸较小。

图 24. 2-10 为喷嘴阀门式的原理简图。泵轮与有喷嘴 4 的旋转外壳 5 联结。工作液体由喷嘴喷至固定的封闭壳体(油箱)3 内。供油泵(离心泵)8 将工作液体由封闭壳体(油箱)经冷却器 7 和阀门 6 供至工作腔。调节阀门 6 即可改变工作腔内的充液量。充液量增加时涡轮转速升高，减少时转速降低。

此种调节方式结构较复杂，调速性能与喷嘴导管式相同。

3）进出口调节式　同时改变工作腔进、出口流量来调速的称为进出口调节式调速型液力偶合器。其原理简图如图 24. 2-11 所示。此种形式采用导管阀门调节，基本原理与出口调节式相同。不同之处是导管 5 与进口配流阀 7 机械联锁。当需要调高涡轮转速时，导管径向向轴心方向移动，配流阀打开，实现向工作腔快速充液。当需调低涡轮转速时，导管径向向离开轴心的方向移动，配流阀关闭，停止向工作腔供液，导管快速排液。在稳定工作时，配流阀的开度使供液量与液力偶合器的发热量相适应，能很好地控制工作液体的温度。

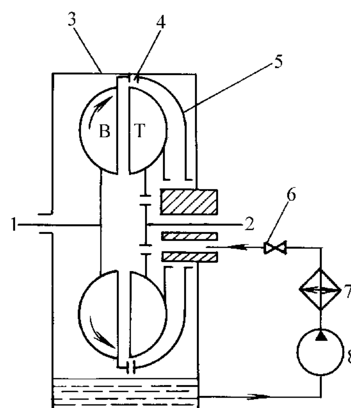


图 24. 2-10　喷嘴阀门式液力偶合器原理简图
B—泵轮　T—涡轮
1—泵轮轴　2—涡轮轴　3—封闭壳体(油箱)
4—喷嘴　5—旋转外壳　6—阀门
7—冷却器　8—供油泵

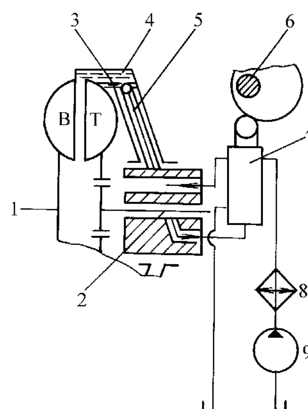
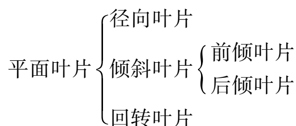


图 24. 2-11　进出口调节式调速型液力偶合器原理简图
B—泵轮　T—涡轮
1—泵轮轴　2—涡轮轴　3—通流孔
4—辅腔　5—导管　6—联锁机构
7—配流阀　8—冷却器　9—供油泵

此种调节形式的特点是：机动性能高，反应灵敏，能合理利用供液量，效率高，但结构较复杂。常用于大功率的液力偶合器调速。

1.2　按叶片分类

叶片骨面为平面的叶片称为平面叶片。液力偶合器的叶轮均采用平面叶片。按叶片可做如下分类。



1）径向叶片　叶片骨面通过叶轮轴线的平面叶片称为径向叶片。径向叶片的骨面与叶轮轴面相重合，见图24.2-12a。绝大多数的液力偶合器均采用径向叶片。

2）倾斜叶片　叶片骨面与叶轮轴面相交的平面叶片称为倾斜叶片。

在倾斜叶片中，叶片骨面在泵轮流道出口处向着泵轮转向的方向倾斜，涡轮流道出口处向着泵轮转向相反方向倾斜的称为前倾叶片，见图24.2-12b。与前倾叶片倾斜方向相反的称为后倾叶片，见图24.2-12c。

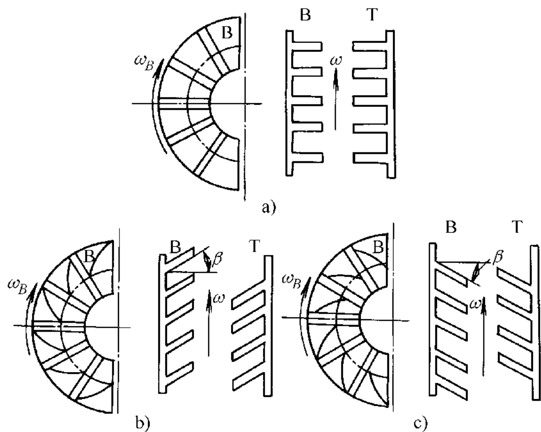


图24.2-12　径向和倾斜叶片简图

a）径向叶片　b）前倾叶片　c）后倾叶片

β—倾斜角

前倾、后倾和径向叶片液力偶合器的原始特性不同。图24.2-13为把叶片做成前倾、后倾和径向三种形式的液力偶合器试验结果。由图可知，在相同转速比时，前倾叶片的力矩系数最大，后倾叶片的最小。

由于倾斜叶片的液力偶合器在泵轮正、反转时前后倾相互转化，其特性差别很大，只能在某些特定的场合下使用。前倾叶片多用于液力减速器，后倾叶片一般用于反转传动装置和起重机传动装置上。

3）回转叶片　可绕自身轴线回转的叶片称为回转叶片。在液力偶合器中可将泵轮或涡轮的叶片做成回转叶片。随着叶片的转动，在工作腔中对液流形成不同程度的阻塞，使循环流量和速度环量有所改变，从而使力矩系数发生变化，以达到调节的目的。这种方案的优点是调节过程中工况比较稳定；缺点是结构复杂，成本高。

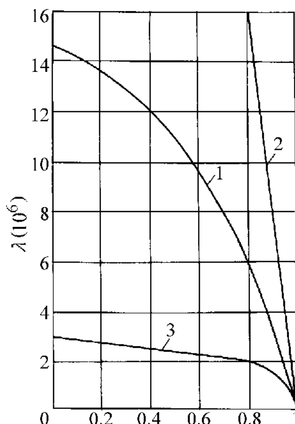


图24.2-13　倾斜叶片与径向叶片液力偶合器的特性的比较

1—径向叶片　2—前倾45°叶片　3—后倾45°叶片

1.3　按工作腔的数量分类

液力偶合器有单工作腔、双工作腔和多工作腔的形式。一般液力偶合器均为单工作腔。

双工作腔的液力偶合器比有效直径相同的单工作腔液力偶合器多传递一倍的功率，因而同功率的单腔和双腔相比，双腔的有效直径减小约13%。但双腔的轴向尺寸大，结构复杂。

无辅助系统的双工作腔液力偶合器轴向力是平衡的。但在有辅助系统时，由于补偿压力及其他因素的影响，仍可能有轴向力。图24.2-14为双工作腔液力偶合器的示意图。

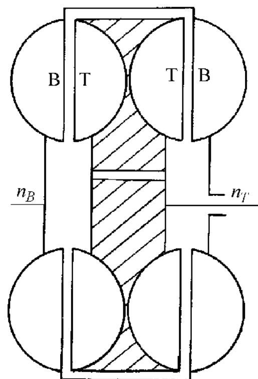


图24.2-14　双工作腔液力偶合器示意图

双工作腔多用于液力减速器。

2　液力偶合器的典型结构及辅助装置

2.1　普通型液力偶合器

图24.2-15为普通型液力偶合器，其结构简单、

尺寸小、重量轻、制造方便，泵轮和涡轮对称布置。安装时输入轴直接套装在动力机(多为电动机)轴上，输出轴直接套装在工作机轴上，没有外部支承座，对安装的同轴度要求较高。

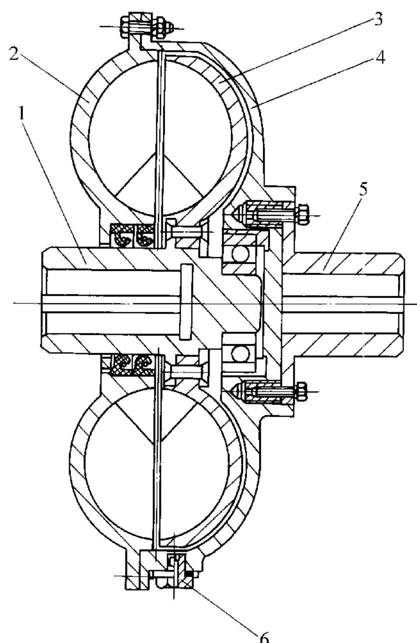


图 24. 2-15　普通型液力偶合器
1—输出轴　2—泵轮　3—涡轮
4—外壳　5—输入轴　6—注油塞

注油塞中心通孔处铸有易熔合金，因此它兼有注油塞和热保护塞的双重作用。作为注油塞，可以将其拧下，从螺孔中向液力偶合器中注入工作液。作为热保护塞，当液力偶合器所负载荷过大，长时间在零速工况或低转速比工况工作时，工作液温度升高将注油塞中心的低熔点合金熔化，工作液喷出，工作腔迅速排空，输入轴只带动泵轮空转，能量传递中断，有效地保护了动力机。

2. 2　限矩型液力偶合器

图 24. 2-16 所示的 YOX 型液力偶合器是一种典型的动压泄液式限矩型液力偶合器。前辅腔 5 与后辅腔 4 之间有 *A* 孔相通，后辅腔 4 和工作腔之间有 *B* 孔相通。为了安装方便，补偿动力机和工作机在安装时轴向位移和角位移采用了装有弹性盘 2 的联轴节。这种液力偶合器采用它支承方式，涡轮 8 通过轴承 12 和输出轴 13 支承在工作机轴上。泵轮 7 通过轴承 11 和 12 也支承在输出轴上。这种液力偶合器分别设置了注油塞和热保护塞。由于注油孔直通工作腔，注油速度可以增快。

图 24. 2-17 是以带轮为输出装置的限矩型液力偶合器。目前应用日渐增多。它的特点，一是泵轮 3 设置在外壳 2 的包围腔内，因此也有称其为内轮驱动式液力偶合器；二是输出不是轴类零件而是带轮。这种液力偶合器大多通过输入轴 5 直接套装在电动机轴上，由输出带轮 4 通过 V 带与工作机相联结。

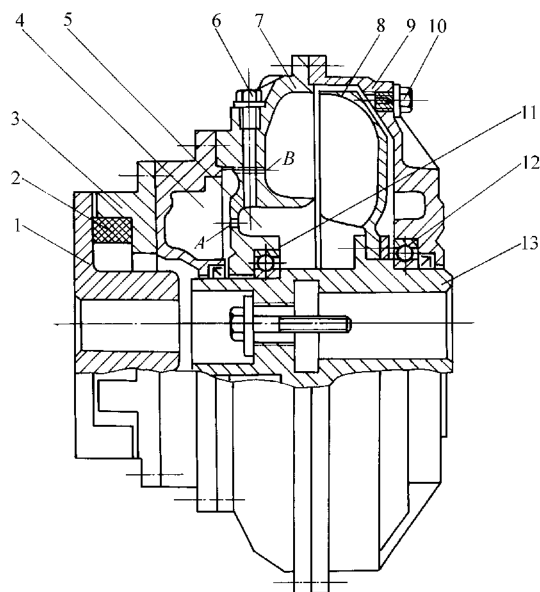


图 24. 2-16　限矩型液力偶合器
1—主动半联轴器　2—弹性盘　3—从动半联轴器　4—后辅腔　5—前辅腔　6—注油塞　7—泵轮　8—涡轮　9—外壳　10—热保护塞　11、12—轴承　13—输出轴

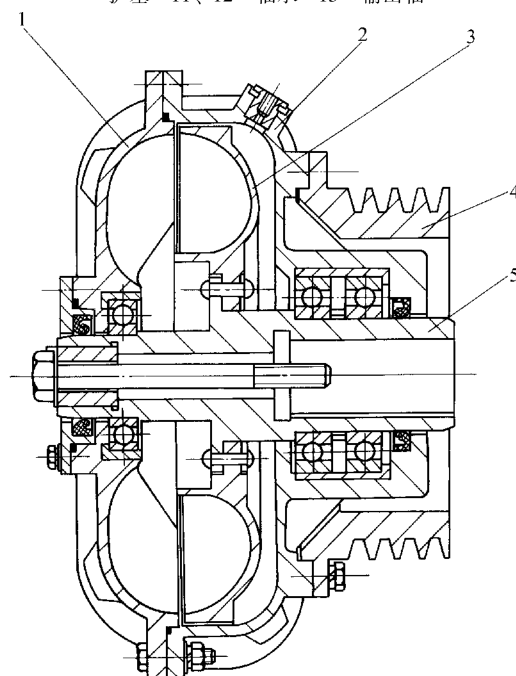


图 24. 2-17　装带轮的限矩型液力偶合器
1—涡轮　2—外壳　3—泵轮
4—输出带轮　5—输入轴

2.3 调速型液力偶合器

2.3.1 进口调节式调速型液力偶合器

图24.2-18是喷嘴导管进口调节式液力偶合器的结构图。这种液力偶合器没有单设的供油系统，喷嘴固定，结构紧凑，安装维修方便。

液力偶合器运转时，由于离心力的作用，工作液不断地从喷嘴9喷出到旋转外壳油室内而形成旋转油环。通过操纵手柄5和偏心轴6控制导管8径向移动，外壳油室内旋转油环的工作液被导管吸入通往工作腔内。

由于液力偶合器运转前，一次注入了定量的工作液，因此当导管径向内移时，旋转外壳油室内的油环增厚，液量增多，而工作腔内的充液量减少，液力偶合器输出转速降低。当导管径向外移时，旋转外壳油室内的液量减少，工作腔内的充液量增多，液力偶合器输出转速增高。

根据需要，可以在外部串联冷却器，对工作液进行冷却。

图24.2-19是利用充油阀调节的进口调节式液力偶合器。它没有独立的供油系统，与柴油机润滑系统共用同一种工作油。这种液力偶合器常用在石油钻机、发电机组和内燃机车柴油机的风扇调速上。

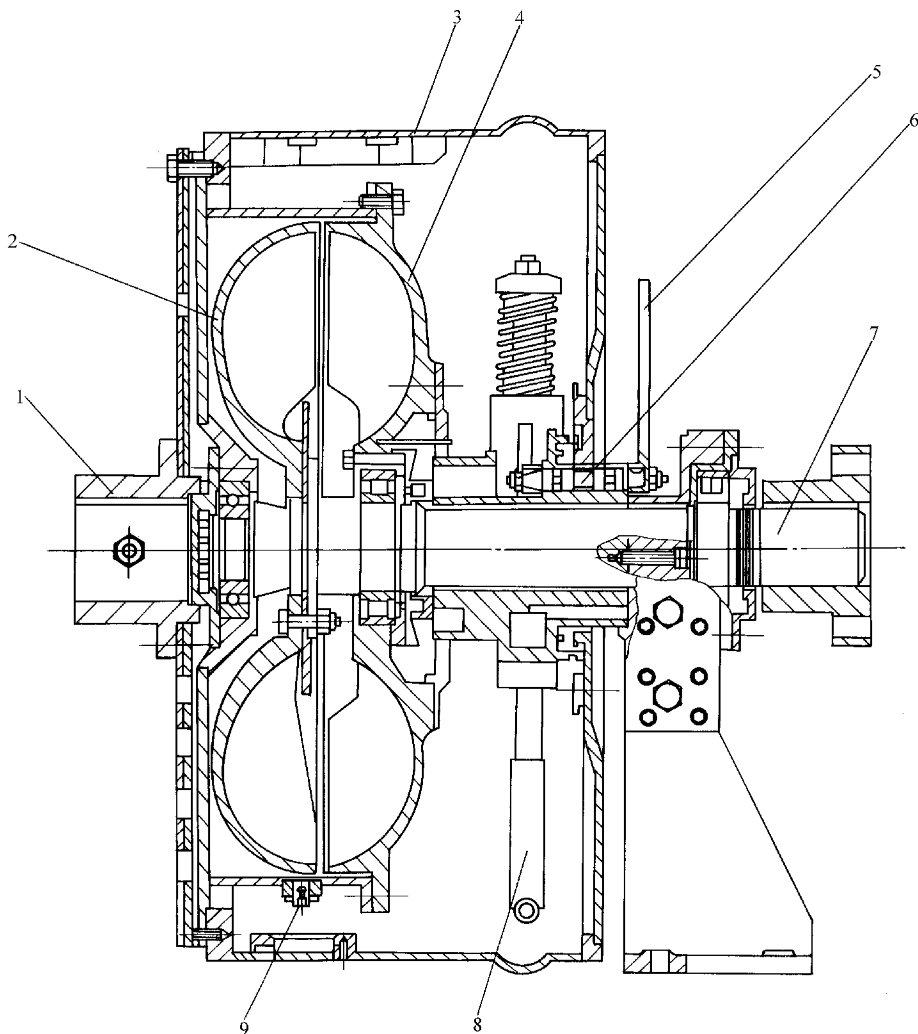


图24.2-18 进口调节式调速型液力偶合器
1—输入轴 2—涡轮 3—旋转外壳 4—泵轮 5—操纵手柄 6—偏心轴
7—输出轴 8—导管 9—喷嘴

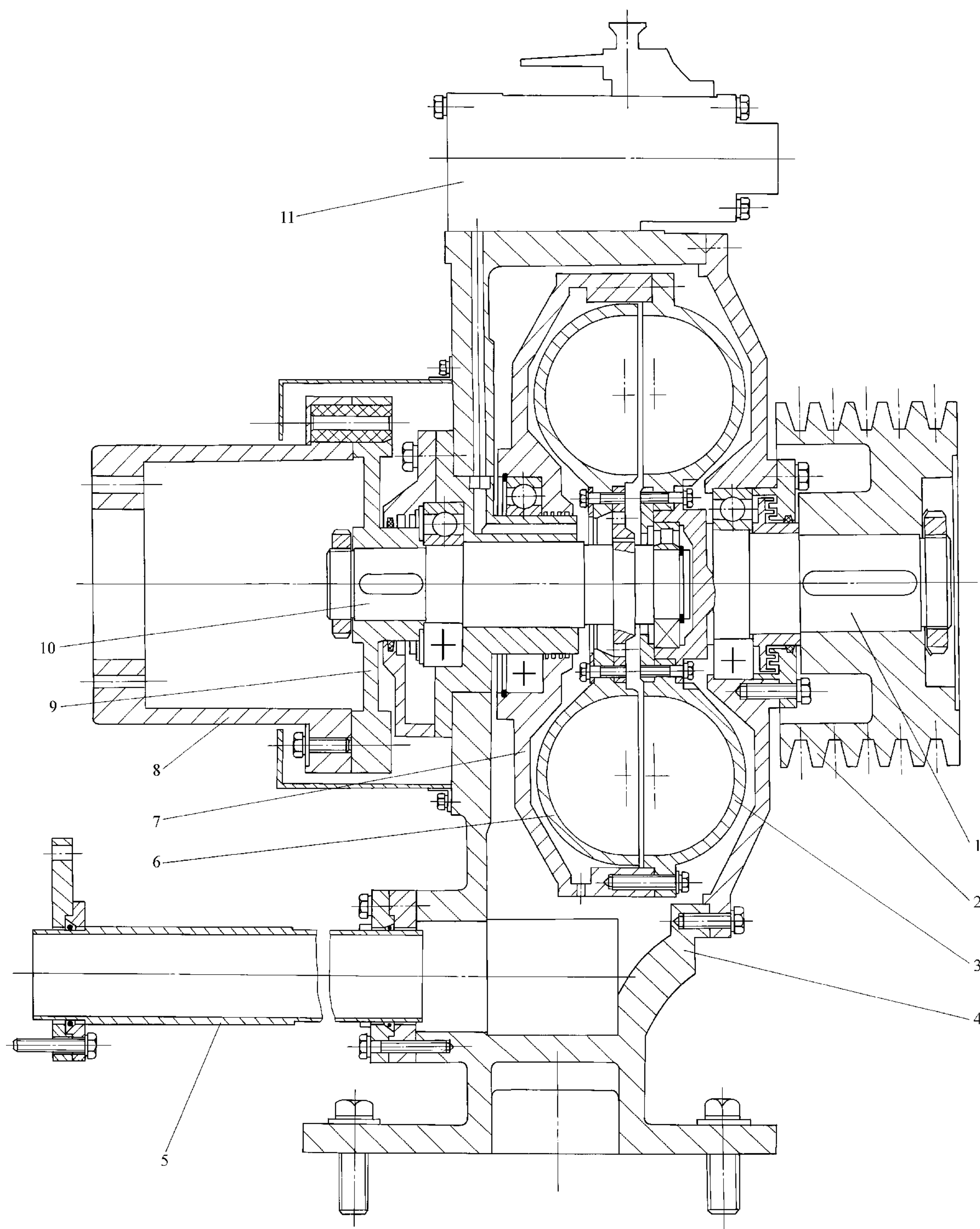


图 24. 2-19　进口调节式调速型液力偶合器

1—输出轴　2—输出带轮　3—涡轮　4—壳体　5—回油管　6—泵轮
7—辅助油室　8—连接盘　9—输入法兰　10—输入轴　11—充油阀

液力偶合器利用壳体4作为支架固定在柴油机底盘上，通过连接盘8、输入法兰9与柴油机连接，输入动力。工作时，泵轮6在柴油机曲轴的驱动下旋转。工作液体经泵轮推动涡轮3旋转，然后经输出轴1、带轮2带动冷却风扇旋转。在充油阀11内装有温度传感器，直接接受柴油机冷却水回水温度的作用，由温度传感器推动滑阀移动来控制充油阀阀口的开度。当柴油机冷却水温高时，阀口开度增大，液力偶合器工作腔内充液量增多，输出转速增高。当冷却水温低时，阀口开度减小，工作腔内充液量减少，输出转速降低，从而达到调节风扇转速的目的。

这一调节是随冷却水温的变化而自动进行的。

该液力偶合器有效直径为420mm，型号为YOTJ420，生产厂家是济南柴油机厂液力传动事业部。输入转速为1100～1800r/min，传递功率为18.5～80kW，用于12V190和8V190柴油机的风扇调速。

2.3.2 出口调节式调速型液力偶合器

图24.2-20出口调节式液力偶合器是一种箱体固定式结构，箱体下部内腔即是油箱。

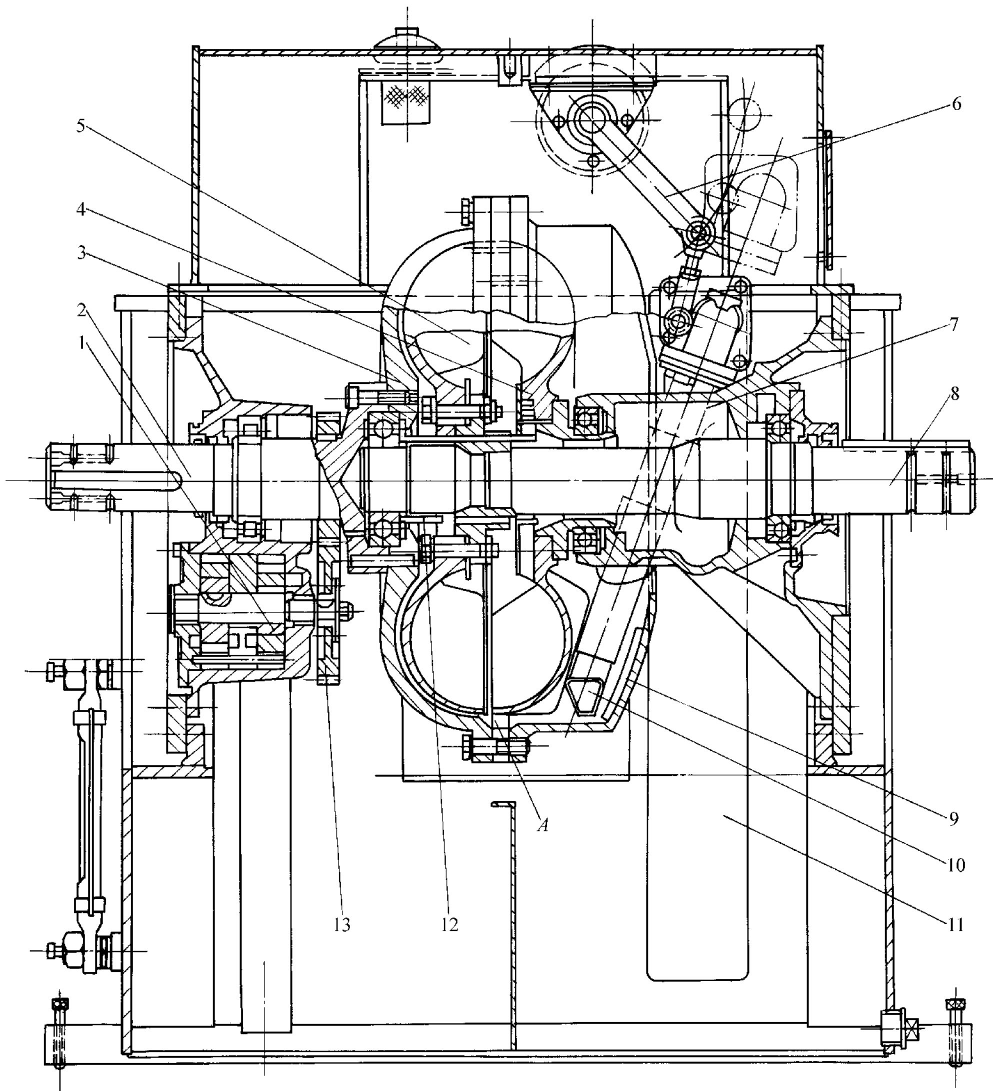


图24.2-20 出口调节式调速型液力偶合器

1—转子泵 2—输入轴 3—背壳 4—泵轮 5—涡轮 6—连杆机构 7—进油腔 8—输出轴 9—外壳 10—导管 11—排油管 12—润滑插管 13—齿轮

输入轴2、背壳3、泵轮4和外壳9组成了输入端旋转组件。涡轮5和输出轴8组成了输出端旋转组件。轴的支承采用了双支承结构，泵轮在箱体的两侧各有一个支承点，涡轮轴右端支承在箱体上，左端用

轴承支承在输入轴中心孔处。支承点稳定可靠，液力偶合器运转平稳。某些大功率的液力偶合器采用了滑动轴承。但轴承的布置与此类似。

当液力偶合器运转时，由输入轴联结的齿轮驱动齿轮13带动内啮合摆线转子泵1工作。油泵从油箱经滤油器吸油通往设置在外部的冷却器。冷却后的油输入进油腔7内，经泵轮入口进入工作腔内，同时也润滑轴承。

泵轮4与外壳9之间的空腔组成了导管室，工作腔由孔*A*与导管室相通。当叶轮旋转时，由于离心力的作用，工作液从工作腔通过孔*A*排到导管室形成旋转油环。工作腔内充液量与导管室旋转油环相适应。操纵手柄或执行器，通过连杆机构6，使伸往导管室内的导管径向移动，导管室内的旋转液环被吸入导管排回油箱，工作腔内的充液量也发生了相应的变化。这样，由于导管的作用，在液力偶合器工作腔的出口调节了工作腔内的充液量，从而达到了调节液力偶合器输出转速的目的。

2.3.3　进出口调节式调速型液力偶合器

图24.2-21是前置齿轮的进出口调节式液力偶合器的一种结构。它为固定箱体式，箱体下部兼作油箱。

输入轴6、齿式联轴器7、增速齿轮组9、泵轮11和壳体19组成输入旋转组件。涡轮20、齿轮联轴器17和输出轴18组成输出旋转组件。滑动轴承1、3、4、5、10和13将旋转组件支承在箱体上，支承稳定可靠。液力偶合器的轴向力由推力轴承8和16承受，轴承采用瓦块式结构。增速齿轮采用拼装式人字齿轮，齿面渗碳硬化，高精度磨齿，并进行齿形及齿向修整。泵轮和涡轮用高强度合金钢锻造，由电火

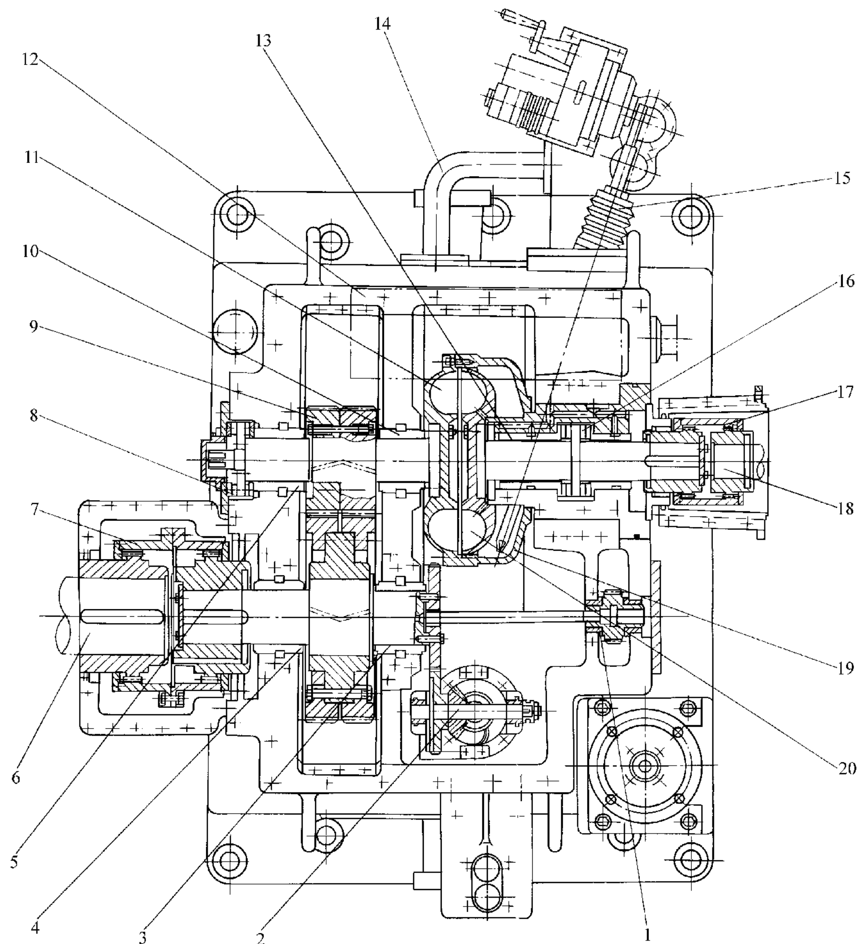


图24.2-21　进出口调节式调速型液力偶合器

1、3、4、5、10、13—滑动轴承　2—工作泵和润滑泵传动齿轮组　6—输入轴　7、17—齿式联轴器　8、16—滑动推力轴承　9—增速齿轮组　11—泵轮　12—箱体　14—管系组件　15—调速机构组件　18—输出轴　19—壳体　20—涡轮

花加工成型，尺寸精确、表面光洁，能承受很高的工作应力。离心式工作泵和齿轮式润滑泵组成油泵组件。油泵由传动齿轮组2驱动。进口调节阀的开度由电动执行机构15控制，调节灵敏度高。工作油和润滑油为同一介质，分别由工作油冷却器和润滑油冷却器进行冷却。润滑泵除向液力偶合器供油外，还可向电动机和工作机提供润滑油。

2.4 辅助装置

调速型液力偶合器的辅助装置主要有供油系统、润滑系统以及操纵机构。

采用滚动轴承的调速型液力偶合器的供油和润滑使用统一的油路见图24.2-22。油泵1从油箱中吸油，经过设置在液力偶合器外部的冷却器2后，流入进油腔，通往工作腔，同时润滑各滚动轴承。安全阀3安装在箱体内。在出油口装有压力表4和温度计5，进油口装有温度计6，这些仪表均安装在箱体外侧上方，可随时监控油路系统中的油温和油压的变化。

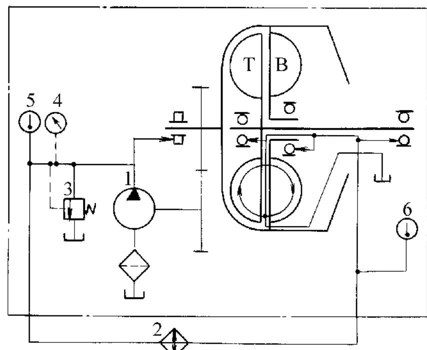


图24.2-22 采用滚动轴承的液力偶合器的供油和润滑系统

1—油泵 2—冷却器 3—安全阀
4—压力表 5、6—温度计

采用滑动轴承的调速型液力偶合器，其油路系统分为主供油系统、润滑系统及辅助润滑系统（见图24.2-23）。其辅助润滑系统单独设置在箱体外。

液力偶合器启动前，必须首先启动辅助润滑油泵1，润滑油经梭阀2和双联滤油器3通过专门设置的润滑油路润滑滑动轴承4、5、6和7。

液力偶合器启动后，主供油泵8经箱体外部的冷却器9向工作腔供油。同时，在节流器10前有一部分油液经梭阀进入润滑油路。当滤油器3后的压力表11显示达到规定的润滑压力（0.14～0.175MPa）后，辅助润滑油泵1停止工作。在液力偶合器正常运转时，滑动轴承由主供油泵供油润滑。

在液力偶合器停机过程中，当压力表11显示值降到0.05MPa时，必须立即启动辅助润滑油泵1，及时向各滑动轴承供油润滑。

油路系统中装有安全阀12（安在箱体内），其开启压力为0.35～0.42MPa。液力偶合器在运转时，分别通过温度计13和14，压力表11和15，及装在各滑动轴承处的测温元件，监控主供油系统和润滑系统的油温和油压。

在液力偶合器运转时，应将工作油油温控制在规定的范围内，即入口油温应高于45℃，出口油温应低于90℃，这可以通过调节冷却器中冷却水的流量来控制。

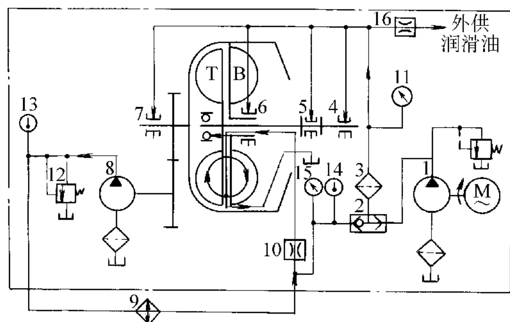


图24.2-23 采用滑动轴承的液力偶合器的供油和润滑系统

1—辅助润滑油泵 2—梭阀 3—双联滤油器
4—输出轴轴承 5—推力轴承 6—泵轮轴承
7—输入轴轴承 8—主供油泵 9—冷却器
10、16—节流器 11、15—压力表 12—安全阀 13，14—温度计

液力偶合器启动前，油箱内油温应高于5℃，如果低于此值，可用加热器进行预热。

正常情况下，各滑动轴承的温度不允许超过90℃，若超过，则应停机检查润滑油路。

压力表和温度计大多采用电接点式，出厂时已配备好，用户可根据需要采用报警装置或实行联动控制，以保证液力偶合器安全可靠地运行。

操纵机构的动作，可以手动，也可以电动、液动或气动。另外，还可以与其它机构联动，实现液力偶合器调速过程远程或自动控制。

3 液力偶合器的选择及选择实例

3.1 液力偶合器与电动机共同工作的分析

3.1.1 输入特性、共同工作范围和输出特性的绘制

1）绘出电动机的外特性曲线 $M_d = f(\omega_d)$ 和准备选用的液力偶合器的原始特性曲线 $\lambda = f(i)$，见图24.2-24a、b。

2）由原始特性曲线（图 24. 2-24b）查出不同转速比 i_1，i_2，i_3，…的力矩系数 λ_1，λ_2，λ_3，…。

3）计算并绘出不同转速比 i_1，i_2，i_3，…的输入特性曲线。所谓输入特性是指不同转速比时，泵轮力矩与其转速的关系，即 $M_B=f(\omega_B)$。对于确定的转速比 i，λ 为常数。因此，对于任一转速比，由公式 $M_B=\rho\lambda\omega_B^2D^5$ 可知，$M_B=f(\omega_B)$ 关系曲线是一条通过坐标原点的抛物线。在电动机的外特性曲线图上，以相同的比例绘出不同转速比时的输入特性，见图 24. 2-24a。

4）确定共同工作范围。输入特性与电动机允许工作的区域所形成的范围称为共同工作范围。由图 24. 2-24a 可见，输入特性曲线与电动机的外特性曲线相交于 1，2，3，4，…各点。这些点相对应的电动机的转矩和转速分别为 M_{d1}、ω_{d1}，M_{d2}、ω_{d2}，M_{d3}、ω_{d3}，M_{d4}、ω_{d4}，…。输入特性与电动机外特性所形成的范围 0 1 2 3 4 0 即为共同工作范围。

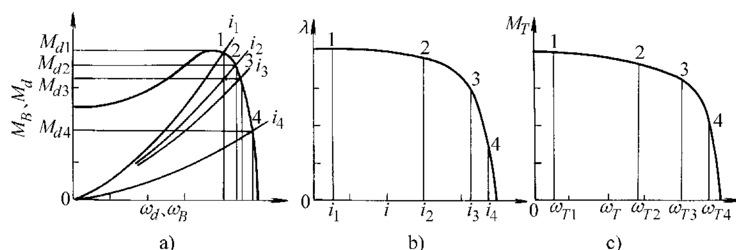


图 24. 2-24　液力偶合器与电动机共同工作曲线的绘制
a）电动机外特性曲线、输入特性曲线及共同工作范围　b）液力偶合器原始特性曲线　c）输出特性曲线

5）绘出输出特性曲线。液力偶合器与电动机共同工作时，涡轮力矩与其转速的关系 $M_T=f(\omega_T)$ 称为输出特性。涡轮转速由公式 $\omega_T=\omega_Bi$ 算出，故 1，2，3，4，…各点的涡轮转速分别为 $\omega_{T1}=\omega_{B1}i_1$，$\omega_{T2}=\omega_{B2}i_2$，$\omega_{T3}=\omega_{B3}i_3$，$\omega_{T4}=\omega_{B4}i_4$，…。因液力偶合器的 $-M_T=M_B$，故由图 24. 2-24a 可查出 1，2，3，4，…各点的涡轮力矩 M_{T1}，M_{T2}，M_{T3}，M_{T4}，…。由此，在 $M_T-\omega_T$ 坐标图上绘制出输出特性曲线 $M_T=f(\omega_T)$，如图 24. 2-25c。

3. 1. 2　共同工作实例

JO_2-82-4 电动机，功率为 40kW，额定转速 $n_n=1470\text{r/min}$（$\omega_n=(\pi/30)\times1470\text{rad/s}$），与限矩型液力偶合器 YOX-420 共同工作，有效直径 $D=0.42\text{m}$，绘制共同工作曲线。

1）绘出 JO_2-82-4 电动机外特性曲线 $M_d=f(n_d)$，见图 24. 2-25a。

2）绘出 YOX-420 液力偶合器原始特性曲线 $\lambda=f(i)$，见图 24. 2-25b。数据应由制造厂给出，或由试验测出。

3）在图 24. 2-25b 上取不同 i 值，量得不同 λ 值，见表 24. 2-1。

4）由公式 $M_B=\rho\lambda\omega_B^2D^5$ 计算并绘出各个不同转速比的输入特性曲线（见图24. 2-25a），它们与电动

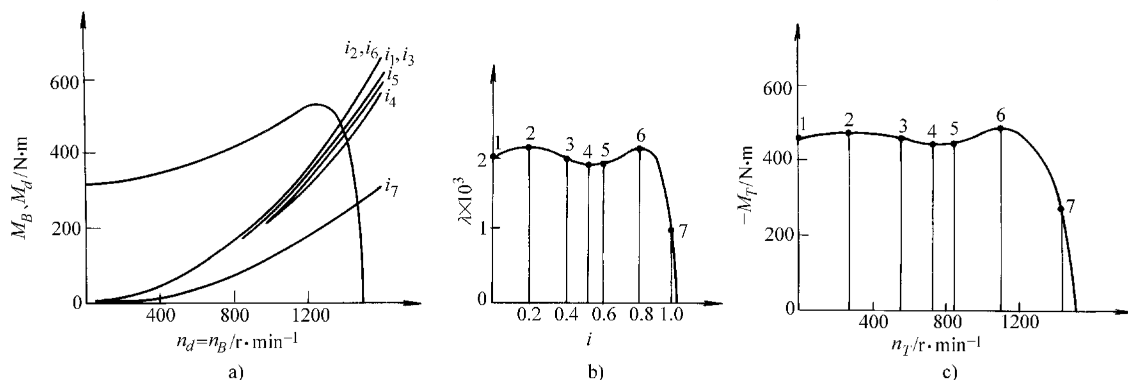


图 24. 2-25　共同工作曲线绘制实例
a）电动机外特性曲线、输入特性曲线及共同工作范围　b）液力偶合器原始特性曲线　c）输出特性曲线

机的外特性曲线交于1，2，3，4，…，得出共同工作范围。再由该图上量得各交点的 M_d（M_B）和 n_d（n_B），列入表24.2-1中。

5）由公式 $n_T = in_B$（或 $\omega_T = i\omega_B$）计算出各交点的涡轮转速 n_T（ω_T），并列入表24.2-1中。

6）由于 $M_B = -M_T$，于是在 $-M_T$-n_T 坐标上可绘制出共同工作的输出特性，见图24.2-25c。

表24.2-1　共同工作曲线绘制计算实例

各交点的序号		1	2	3	4	5	6	7	备　注
转速比 i		0	0.2	0.4	0.52	0.6	0.8	0.97	
力矩系数 $\lambda \times 10^3$		1.93	2.11	1.93	1.84	1.88	2.11	0.99	由原始特性测得
泵轮力矩 M_B /N·m	n_B = 0r/min	0	0	0	0	0	0	0	
	n_B = 400r/min	37.85	41.48	37.85	36.19	36.97	41.48	19.42	
	n_B = 800r/min	152	165.73	152	144.65	148.08	156.73	77.57	
	n_B = 1200r/min	341.27	370.63	341.27	325.58	332.45	370.63	174.56	
	n_B = 1600r/min	607.03	662.93	607.03	578.59	588.69	662.93	310.87	
共　同工作点	$-M_T = M_B$/N·m	460.91	482.49	460.91	446.20	451.10	482.49	264.77	由共同工作范围测得
	n_Br/min	1400	1370	1400	1420	1410	1370	1470	
	$n_T = in_B$/r·min^{-1}	0	273	560	738	845	1100	1435	

3.1.3　与电动机共同工作的分析

图24.2-26a给出1，2，3，4四种液力偶合器的原始特性。假定这四种液力偶合器的有效直径 D、额定转速比 i_n、额定力矩系数 λ_n 和工作液体均相同。假定外载荷为恒定载荷，即 M = 常数，或外载荷为抛物线型，即 $M \propto n_T^2$，见图24.2-26c。假定这四台液力偶合器与同一台电动机共同工作，如图24.2-25b。根据上述假定分析它们共同工作的情况。

1）电动机的起动性能　当电动机起动在加速的瞬间，泵轮加给电动机的载荷为 $M_{B0} = \rho\lambda_0\omega_B^2D^5$，如图24.2-26b。由图可见任何型式的液力偶合器均能改善电动机的起动性能。对起动和加速时间，对起动时尖峰电流的作用时间都有不同程度的缩减。4型起动和加速最快，1型最慢。

2）载荷的起动和加速性能　涡轮加速的快慢决定于共同工作输出特性曲线与载荷特性曲线所围的面积，面积越大加速越快。图24.2-26c中，曲线1，2，3，4为四种液力偶合器的输出特性。由图可见它们与载荷特性曲线所围面积均比电动机与载荷特性曲线所围面积要大，因此，这四种液力偶合器均增加了载荷的加速能力。但液力偶合器的型式不同增加的程度也不同。4型的起动力矩最大，3型最小；1型和4型的加速性能最好，2型居中，3型最差。故总的来看3型最差。

3）对电动机的保护性能　在外载荷超载时，液力偶合器的最大力矩系数 λ_{max} 决定着保护性能。由图24.2-26d可见，1型的保护性能最差。在超载时 $M_{B1} = \rho\lambda_{1max}\omega_B^2D^5$，使电动机运行在不稳定工况 AB 段，此时，电动机电流大，发热量大，时间稍长电机就会烧毁。2，3，4型的 λ_{max} 值较小且相同，其输入特性为同一条曲线。与电动机的共同工作点处在稳定工况 BC 段，故超载时能对电动机起到较好的保护作用。

4）波动性能　如图24.2-26a所示，EF 区段为原始特性曲线的非稳定区。λ'_{max} 和 λ'_{min} 分别为非稳定区的最大和最小力矩系数。用波动率 $e = \lambda'_{max}/\lambda'_{min}$ 来表示非稳定的程度。e 的大小也反映了载荷起动和超载制动过程中工作装置载荷的波动情况。对阻力载荷 $e = 1$ 最理想。一般 $e_{max} \leqslant 1.4$。若 $e > T_g$ 时，对等于额定值的恒定外载荷，则无法加速至额定工况。对抛物线型载荷，e_{max} 可大些。

3.2　限矩型液力偶合器的选择

由于限矩型液力偶合器具有过载保护、提高电动机起动能力、满载起动、使载荷平稳加速、减缓冲击、减小起动电流峰值等一系列特点，所以它广泛地应用在带式输送机、刮板输送机、塔式起重机、球磨机和破碎机等大惯量恒定载荷的设备上。这些设备的动力一般为笼型电动机（Y、YS型）。其过载系数 T_d = 最大转矩/额定转矩 = 2.0～2.5，起动过载系数 T_{dQ} = 起动转矩/额定转矩 = 1.7～2.2。

3.2.1　限矩型液力偶合器与电动机的匹配原则

1）保证传动系统的高效率　应使液力偶合器额定工况 i_n 的输入特性曲线 $M_n = f(n_B)$ 与电动机外特性曲线交于额定工况点。或使液力偶合器额定力矩与电动机的额定力矩相等或接近。

2）对电动机的保护性能　应使液力偶合器零速工况 i_0 的输入特性 $M_0 = f(n_B)$ 曲线交于电动机尖峰力

矩外侧的稳定工况区段上。这样，工作机因载荷过大而发生堵转时，电动机也不会在短时间内烧毁。另外，液力偶合器的过载系数 T_g 应等于或小于电动机的过载系数 T_d。

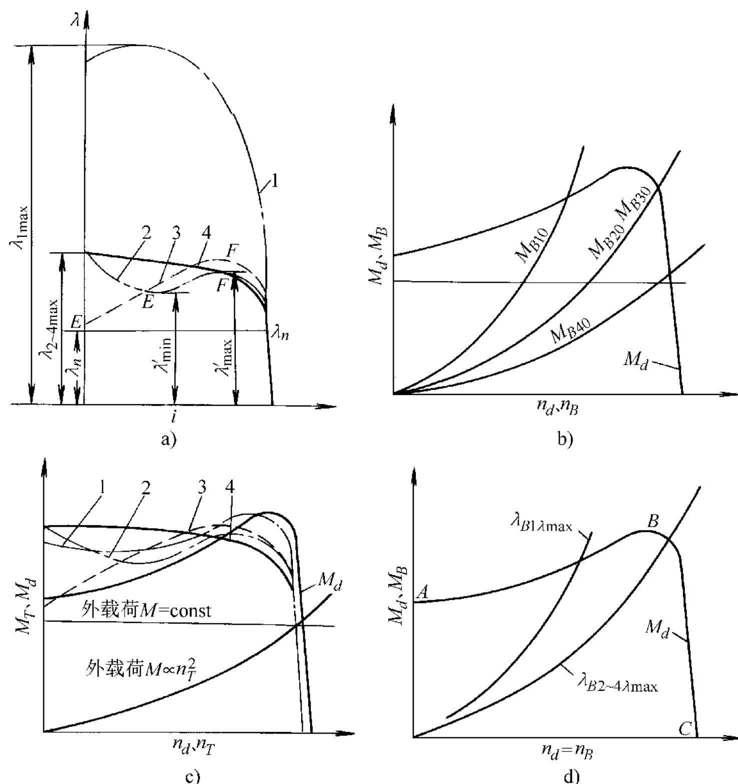


图 24.2-26　液力偶合器与电动机共同工作的分析

a）四种原始特性曲线　b）电动机的外特性曲线及零速工况的输入特性

c）输出特性及载荷特性　d）力矩系数最大时液力偶合器对电动机的保护性能

3）根据载荷性质选择液力偶合器　对于带载荷起动的工作机（如长距离的带式机），最好选 $\lambda_0=\lambda_{max}$ 的液力偶合器，以利用电动机的最大力矩起动；对于阻力载荷小，惯性载荷占主要成分的工作机（如转子型破碎机），可选 λ_0 稍大于 λ_n 的液力偶合器；对只起离合作用的，可选普通型液力偶合器，$\lambda_0 \leqslant (4\sim5)\lambda_n$。

3.2.2　限矩型液力偶合器的选型计算实例

某露天煤矿输送剥离土石用带式输送机，带速 2.3～2.5m/s，带的滚筒直径 $D=1$m，减速器减速比 $i=21$。输送系统稳定运行功率 $P_s=110$kW，双驱动滚筒各由一台 Y135S 笼型电动机驱动，电动机额定功率 $P_{dn}=75$kW，额定转速 $n_{dn}=980$r/min，额定力矩 $M_{dn}=731$N·m。进行液力偶合器选型计算。

选型计算如下：

1）假如所选用的液力偶合器的额定工况效率 $\eta_n=0.97$，那么，每台电动机需要输出的功率 P_{ds}，也即液力偶合器传递的功率 P_B 为：

$$P_B=P_{ds}=\frac{P_s}{2}\frac{1}{\eta_j}\frac{1}{\eta_n}=\frac{110}{2}\times\frac{1}{0.93}\times\frac{1}{0.97}\text{kW}=61\text{kW}$$

2）按表 24.2-4 选用 TVA562 型限矩型液力偶合器，由表查得当 $n_B=1000$r/min 时，传递功率 $P_B=45\sim90$kW，过载系数 $T_g=1.5\sim2.3$。当充液量为 23.7L 时，传递功率 $P_B\approx61$kW。（有关液力偶合器的详细资料可由制造厂提供）。

3）作共同工作特性和输出特性，见图 24.2-27。由图可知：

① 液力偶合器额定工况（$i=0.97$）的输入特性曲线与电动机的外特性曲线交于额定工况附近。在稳定运行时，电动机工作状况好，传动效率高。

② 液力偶合器各工况的输入特性全部交于电动机外特性的稳定工况区，具有较好的保护性能。

4）验算输送机带速。当液力偶合器的转速比 $i=0.97$ 时，共同工作点的转速 $n_B=984$r/min，此时涡轮转

速为 $n_T = 0.97 \times 984\text{r/min} = 954\text{r/min}$。故带速 V 为：

$$V = \frac{n_T \pi D}{i} = \frac{954 \times 3.1416 \times 1}{21}\text{m/s} = 2.38\text{m/s}$$

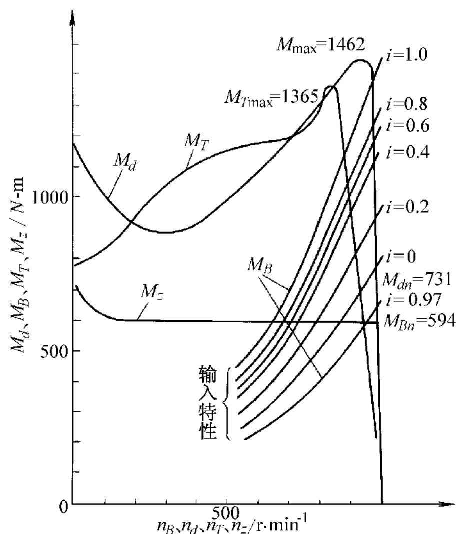


图 24.2-27 限矩型液力偶合器选型计算实例

M_B—输入特性 M_d—电动机外特性

M_z—载荷特性 M_T—输出特性

以上选型计算符合设计要求。

在图 24.2-27 中画出了载荷特性 $M_z = f(n_T)$，由它与输出特性 $M_T = f(n_T)$ 可计算出输送机的满载起动时间(从略)。

3.3 调速型液力偶合器的选择

3.3.1 调速型液力偶合器的使用特点

除第 1 章所述的液力传动的特点外，调速型液力偶合器还具有下列特点：

1）实现载荷的变速运转，达到节电和满足生产工艺需要的目的。

目前，风机和水泵类机械大多采用笼型电动机，而生产工艺又要求这些设备变载荷工作，为解决这个矛盾，多用调节阀门开度的方法来实现载荷参数的变化，但这种方法节流损失很大。如采用液力偶合器调节，就可避免节流损失，使风机和水泵总处于高效工作状态，显著地节省了电动机的能耗。

图 24.2-28 以无背压风机为例，给出用节流和调速两种方法将流量由 100% 调到 5% 时的情况对比。由图可见：

用节流法时，风机转速恒定，故 H—Q 曲线不变。W—Q 和 W'—Q 分别为流量为 100% 和 50% 时的管系阻力曲线，它们与曲线 H—Q 的交点 P_1 和 P'_1 所对应的流量为 Q_1 和 Q'_1。Q'_1 为 Q_1 的 50%。

用调速法时，因叶片式机械的流量与转速的一次方成正比，故降低风机转速 50% 后，特性变为 H'—Q 曲线。它与曲线 W—Q 的交点 P_2 所对应的流量也为 Q'_1。

比较两种方法可见，调速比节流降低了风机的压能为 ΔH，从而节省了能耗。

图 24.2-29 为风机采用节流和调速两种方法调节时消耗功率的比较。图中两条曲线纵坐标之差即是用调速方法所节约的功率。

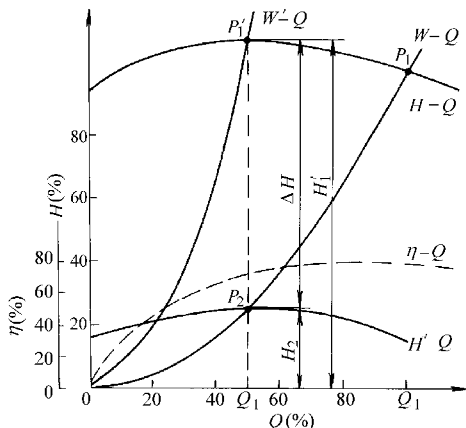


图 24.2-28 风机用节流和调速两种调节方法的比较

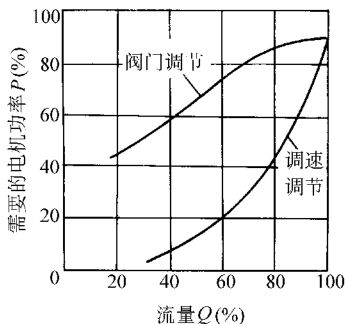


图 24.2-29 风机采用节流和调速调节时的功率曲线

使用调速型液力偶合器对风机水泵类机械进行调速调节简单可靠。调速型液力偶合器已被国家列为优先采用的节能调速装置。

2）调节载荷机械的起动及加速时间。调速型液力偶合器可通过调节工作腔中的充液量来调节载荷机械加速过程的长短。这对许多大惯量的设备尤为重要。

3.3.2 调速型液力偶合器的选型原则

1）能选用限矩型液力偶合器时不应选用调速型。因限矩型结构简单、价格便宜。

2）对于悬挂式(回转壳体式)调速型液力偶合器，由于其重量直接作用在动力机和载荷机上，旋转的转子又无箱体保护、安装对中较难、运转中振动较大，故多用于中速(1500r/min)小功率(200kW 以下)的场合。

有箱体自支承式(固定箱体式)则用于高速大功率的场合。

3）高速载荷机械用调速型液力偶合器的选择。许多高速(3000r/min)载荷机械多由两极电动机经齿轮箱增速驱动，如电站锅炉给水泵、高炉鼓风机等。这类设备选用调速型液力偶合器时有两种方案。一是如图 24.2-30a 所示，在标准的增速箱和电动机之间加装一个调速型液力偶合器；二是如图 24.2-30b，在载荷机和动力机间装一个带有增速齿轮的调速型液力偶合器。

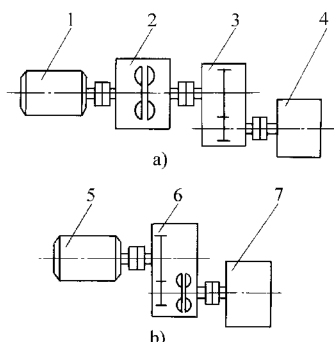


图 24.2-30　高速载荷机械选用调速型液力偶合器的两种方案

1、5—电动机　2—液力偶合器　3—增速箱
4、7—鼓风机　6—带有增速齿轮的液力偶合器

第一方案液力偶合器的结构简单、价格便宜。但整个装置占地面积大，需对中环节多。当用户是属于旧设备改造时，需重新制作基础，改造工作量大。第二种方案的液力偶合器结构复杂，价格高，但占地面积小，对中环节少。若把液力偶合器的外形安装尺寸设计得与用户已有的齿轮增速箱一样时，就可在不改动地基的情况下非常方便地实现设备的调速改造。

3.3.3　调速型液力偶合器的选型方法

在确定了液力偶合器的结构型式后，要确定其具体型号，常用的选型方法有两种：

1）查表法　根据设备的额定功率和转速，在液力偶合器的样本中直接选择型号。当动力机和设备的铭牌功率一致时，可直接用动力机的功率作为选型的依据；当动力机的功率比设备的铭牌功率大出许多时(有时是为解决起动问题所需要的)，可按设备的铭牌功率增加5%作为选型的依据。

2）计算法　当知道设备的额定功率和转速后，可用下式计算液力耦合器的有效直径 D。

$$D=(14\sim15)\sqrt[5]{\frac{P}{n^3}} \qquad (24.2\text{-}1)$$

式中　P——设备的额定功率(kW)；

n——设备的额定转速(r/min)。

计算时应将设备的额定功率增加 50%。根据计算的有效直径 D，在国标规定的直径分档表中确定所需型号(GB/T 5837—1993)。

3.3.4　冷却器的计算

调速型液力偶合器在工作过程中的能量损失会使工作液体升温。为使其正常工作，一般调速型液力偶合器都有冷却系统。正确地选择冷却器的工作面积才能保证其正常工作。

对于功率与转速的三次方、二次方和一次方成正比的三种载荷型式，在调速过程中，液力偶合器的液力损失功率如表 24.2-2 所示。

除液力偶合器的液力损失功率损失 P_{s1} 外，还有功率损失 P_{s2}。它包括齿轮、联轴器、轴承等的机械损失，转动件的鼓风损失，导管的液力损失以及工作泵和润滑泵消耗的功率。

$P_{s1}+P_{s2}=P_s$ 为液力偶合器总的损失功率。对 $P\propto n^3$ 类载荷，P_s 可取为 $(0.21\sim0.25)P_n$；对 $P\propto n^2$ 类载荷，P_s 可取为 $0.33P_n$。

若用户能给定液力偶合器的调速范围，可用表 24.2-2 算出给定调速范围内的最大损失功率 P_{s1}。P_{s2} 可取为 $0.06P_n$。

冷却器散热面积 A 为

$$A=\frac{P_s}{K\left(\frac{t_1-t_2}{2}-\frac{t_1'-t_2'}{2}\right)} \qquad (24.2\text{-}2)$$

式中　K——冷却器的传热系数[W/(m²·℃)]管式冷却器 $K=175\sim290$，板式冷却器 $K=290\sim580$；

t_1、t_2——工作液体进、出口温度(℃)；

t_1'、t_2'——冷却器进、出口水温(℃)。

表 24.2-2　调速型液力偶合器的损失功率

载荷类型	功率 P 与转速 n 的关系	$P\propto n^3$	$P\propto n^2$	$P\propto n$
	实　例	离心泵 离心风机	压力不变的活塞式 发动机的增压器	往复泵 提升机
功率损失 P_{s1} 的计算公式		$P_{s1}=i^2-i^3$	$P_{s1}=i-i^2$	$P_{s1}=1-i$
最大相对损失功率及相应的转速比	$\bar{P}_{s1\max}$	0.148	0.25	1
	i	0.66	0.5	0
说　明	i—液力偶合器的转速比；$\bar{P}_{s1}=P_{s1}/P_n$—液力偶合器相对损失功率；P_{s1}—损失功率；P_n—液力偶合器的额定功率			

液力偶合器出口工作液体的温度一般不超过85℃。

3.3.5 调速型液力偶合器的选型实例

例1 某纺织厂的空调风机功率 $P=40\text{kW}$，转速 $n=1470\text{r/min}$，要求风机的风量随季节和昼夜而变化，试选择调速型液力偶合器。

结构选型 由于该风机属于中低速、小功率，故可选用回转壳体、自冷、进口调节式的调速型液力偶合器，如 YOT_{HR}、YDTW、YOTJ 型均可。

型号选择 将功率和转速代入式（24.2-1）求得 $D=0.368\sim0.395\text{m}$，从国标直径分档表中查得 $D=400\text{mm}$。

例2 某钢铁厂25T氧气顶吹转炉除尘风机，功率500kW，转速2970r/min，该风机以高速2970r/min和低速750r/min两种工况运转，试选择调速型液力偶合器。

该风机属于高速中等功率，所以应选用出口调节、有箱体自支承式，如 YOT_C、YDT 型。将功率 $500\times1.05\text{kW}$ 和转速2970r/min代入式（24.2-1）求得 $D=0.41\sim0.43\text{m}$，根据国标直径分档表取 $D=450\text{mm}$。

冷却器计算 在给定的调速范围内，液力偶合器在运转中最小的转速比 i 为

$$i=\frac{750}{2970}=0.25$$

P_{s1} 为

$$\begin{aligned}P_{s1}&=(i^2-i^3)P_n\\&=(0.25^2-0.25^3)\times(500\times1.05)\text{kW}\\&=24.6\text{kW}\end{aligned}$$

P_{s2} 为

$$P_{s2}=P_n\times0.06=31.5\text{kW}$$

总的功率损失 P_s 为

$$P_s=P_{s1}+P_{s2}=24.6+31.5\text{kW}=56.1\text{kW}$$

液力偶合器进出口油温分别取为：$t_1=45℃$，$t_2=80℃$。冷却水进出口温度分别取为：$t_1'=25℃$，$t_2'=35℃$。如采用管式冷却器，取 $K=175\text{W/(m}^2\cdot℃)$，冷却器散热面积 A 为

$$\begin{aligned}A&=\frac{P_s}{K\left(\frac{t_1+t_2}{2}-\frac{t_1'+t_2'}{2}\right)}\\&=\frac{56100}{175\times\left(\frac{45+80}{2}-\frac{25+35}{2}\right)}\text{m}^2\\&=9.86\text{m}^2\end{aligned}$$

如采用板式冷却器，取 $K=290\text{W/(m}^2\cdot℃)$，则 $A=5.9\text{m}^2$。

4 液力偶合器的产品与规格

4.1 液力偶合器的适用范围

液力偶合器已成功地应用在数百种机械设备上。尤其是调速型液力偶合器，由于使用它后可以节省电能1/5～1/3，已被国家列为第三批节能产品。

调速型液力偶合器的调速过程，可以人工手动操纵，也可远控或自控操纵。与离心式机配套时，调速范围为输入转速的1～1/15；与恒力矩机械配套时，为输入转速的1～1/3。

表24.2-3为液力偶合器应用的一般情况。

表24.2-3 可用液力偶合器配套的各种机械设备概况

序号	设备分类	可用液力偶合器的机械设备	液力偶合器类型	使用目的
1	冶金设备	炼钢转炉排烟风机、高炉风机、烧结厂风机、加热炉鼓风机、引风机	调速型	1. 满足机械设备的使用工艺要求 2. 节能 3. 使风机能低速冲水维护 4. 延长风机寿命
		炼焦炉推焦机、校直机、挤压机、轧钢机、离心浇铸机、电动堵眼机	限矩型	1. 起动平稳 2. 过载保护、防止电动机超载和传动部件损坏
2	矿山机械	钻采机械、各种破碎机、球磨机、离心分析机、矿用泥浆泵、筛选机、巷道掘进机、巷道风机	限矩型	1. 起动平稳、过载保护 2. 满载起动 3. 缓冲隔振 4. 减小起动电流和电网的电压降 5. 降低装机容量、节能

（续）

序号	设备分类	可用液力偶合器的机械设备	液力偶合器类型	使 用 目 的
3	起重运输机械	各种带式输送机、刮板输送机、链板输送机、内燃机车、自行式矿车、斗轮堆取料机、门座式起重机行走机构、提升机	限矩型	1. 满载起动 2. 降低装机容量、节能 3. 起动平稳、过载保护 4. 保护输送带、降低输送带造价 5. 多机驱动时均衡载荷，并可顺序起动
4	工程机械	单斗挖掘机、斗轮挖掘机、叉车、塔式起重机、混凝土搅拌机、卷扬机、铲运机、平地机、压路机	限矩型	1. 缓冲隔振、保护机械 2. 防止发动机熄火 3. 降低装机容量、节能 4. 可替代主离合器
5	电力设备、化工、船舶	发电厂锅炉给水泵、循环水泵、鼓风机、引风机、挖泥船的挖泥机、船用螺旋桨推进器、钠泵、输油泵、注水机、燃气轮机组、舰船、气垫船、压缩机、原油管线泵	调速型	1. 无级调速 2. 缓冲隔振 3. 平稳起动 4. 过载保护 5. 多机驱动并车 6. 节能
6	其他	拔丝机、各种冲床、剪床、锻锤、立式车床、压力机、纤维机械、食品机械、纺织厂空调风机、自来水泵、扫雪机	调速型、限矩型	1. 平稳起动、保护制品 2. 缓冲隔振 3. 过载保护 4. 调速 5. 节能

4.2　限矩型液力偶合器的产品与规格

1）输入端为弹性盘式　其性能参数及安装尺寸见表 24. 2-4。

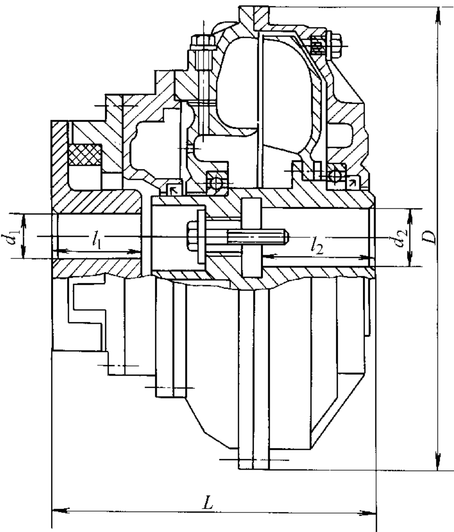
2）输出端为带轮式　其性能参数及安装尺寸见表 24. 2-5。

3）双工作腔式　其技术参数及安装尺寸见表 24. 2-6。

4）双工作腔输出端为带轮式　其技术参数及安装尺寸见表 24. 2-7。

5）输入端为弹性盘、输出端为花键孔式　其技术参数及安装尺寸见表 24. 2-8。

表 24. 2-4　输入端为弹性盘式的限矩型液力偶合器的技术参数及安装尺寸



（续）

型　号	输入转速 /r·min^{-1}	传递功率范围 /kW	过载系数	效　率	外形尺寸 /mm		输入端 /mm		输出端 /mm		生产厂
					L	D	d_1	l_1	d_2	l_2	
YOX125	1500	0.18～0.15	2～2.5	0.96	160	170	24	40	20	40	①
	3000	0.66～1.17									
YOX140	1500	0.15～0.26	2～2.5	0.96	170	185	24	60	22	45	①
	3000	1.16～2.1									
YOX150	1000	0.05～0.2	2～2.7	0.97	175	195	25		20		①②
	1500	0.2～0.4									
YOX160	1500	0.28～0.5	2～2.5	0.96	180	205	28	60	24	45	①
	3000	2.2～4									
YOX180	1500	0.5～0.9	2～2.5	0.97	190	225	32	70	25	30	①②
	3000	4～7.2									
YOX200	1000	0.2～0.5	2～2.5	0.97	200	254	38	80	30	55	①②
	1500	0.8～2									
OAY-200A_1	1410	0.8～2.2	2～2.5	0.98～0.95	183	248	48		42		③
	3000	5.5～13									
YOX220	1000	0.45～0.8	2～2.5	0.96	205	275	32	70	32	60	①②
	1500	1.4～2.5									
YOX250	1000	0.75～1.4	2～2.5	0.96	215	300	38	80	35	60	①②
	1500	2.6～5									
OAY-270A_1	1000	0.98～1.5	2～2.5	0.98～0.95	205	310	48		42		③
	1500	3～5.5									
YOX280	1000	1.5～3	2～2.5	0.97	256	345	38	80	40	80	①②
	1500	4.5～8.7									
YOX320	1000	2.7～5	2～2.5	0.97	304	388	48	110	45	110	①②
	1500	9.6～16									
OAY-320A_1	970	2.2～4	2～2.5	0.98～0.95	230	380	55		50		③
	1470	7.5～13									
OAY-320A_2	970	2.2～4	2～2.5	0.98～0.95	260	380	55		50		③
	1470	7.5～13									
YOX340	1000	3.4～7	2～2.5	0.96	278	390	48	110	42	95	①②
	1500	12.5～24									
YOX360	1000	4.8～9	2～2.5	0.96	308	420	55	110	55	95	①②
	1500	15～30									
OAY-360A_1	970	5.5～7.5	2～2.5	0.98～0.95	250	424	65		60		③
	1470	17～30									
OAY-360A_2	970	5.5～7.5	2～2.5	0.98～0.95	290	424	65		65		③
	1470	17～30									
YOX400	1000	8～15	2～2.5	0.96	356	480	60	110	60	150	①②
	1500	20～45									
YOX420	1000	5～15	2～2.5	0.96	340	495	50	112	60	160	①
	1500	20～50									
OAY-420A_1	970	10～17	2～2.5	0.98～0.95	275	470	80		70		③
	1470	40～65									
OAY-420A_2	970	10～17	2～2.5	0.98～0.95	327	470	80		80		③
	1470	40～65									
YOX450	1000	15～28	2～2.5	0.96	397	530	70	140	70	140	①②
	1500	46～80									
OAY-480A_1	970	18～30	2～2.5	0.98～0.95	318	556	90		80		③
	1470	75～110									
OAY-480A_2	970	18～30	2～2.5	0.98～0.95	382	556	90		90		③
	1470	75～110									
YOX500	1000	25～45	2～2.5	0.96	411	580	85	170	85	145	①②
	1500	85～150									

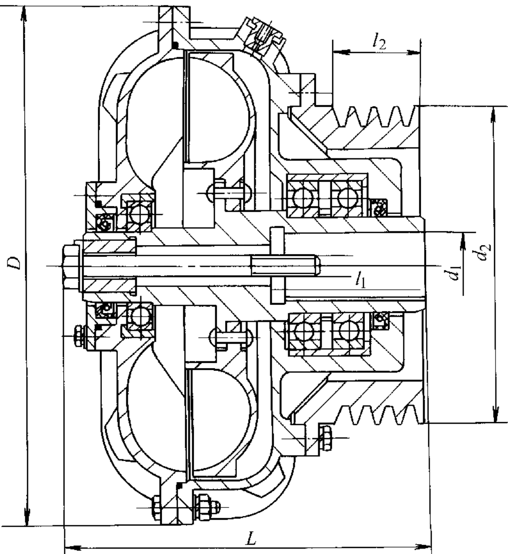
（续）

型　号	输入转速 /r·min⁻¹	传递功率范围 /kW	过载系数	效　率	外形尺寸 /mm		输入端 /mm		输出端 /mm		生产厂
					L	D	d_1	l_1	d_2	l_2	
YOX510	1000	25～45	2～2.5	0.96	426	590	85	170	85	160	①
	1500	75～135									
YOX560	1000	45～70	2～2.5	0.96	459	650	90	170	100	180	①②
	1500	150～225									
YL-560	1000	45～90	1.5～2.2	0.98～0.97	455	634	90	170	90		④
	1500	132～250									
OAY-560A_1	970	35～60	2～2.5	0.98～0.95	354	634	100		90		③
	1470	120～210									
OAY-560A_2	970	35～60	2～2.5	0.98～0.95	433	634	100		110		③
	1470	120～210									
TVA562	1000	45～90	1.5～2.3	0.97	449	634	100	170	110	170	①
	1500	150～260									
YOX600	1000	60～115	2～2.5	0.96	474	695	90	170	100	180	①②
	1500	200～360									
TVA650	1000	90～170	1.5～2.3	0.97	536	740	125	225	130	200	①
	1500	260～480									
YOX650	1000	90～176	2～2.5	0.96	556	760	125		130		②
	1500	260～480									
TVA750	1000	170～330	1.5～2.3	0.97	603	842	140	245	150	240	①
	1500	480～760									
YOX750	1000	170～330	2～2.5	0.96	635	875	140		150		②
	1500	480～760									
TVA866	1000	330～620	1.5～2.3	0.97	682	978	160	280	160	265	①
	1500	760～1050									
YOX875	750	150～280	2～2.5	0.97	696	1010	160		160		①②
	1000	360～680									
YOX1000	750	280～530	2～2.5	0.97	722	1120	160	210	160	280	①②
	1000	670～1100									
YOX1150	600	265～615	2～2.5	0.96	850	1312	200		200		①②
	750	525～1195									

注：1. 生产厂全称：①大连液力机械总厂　②广东郁南县中兴机器厂　③江苏溧阳县化工机械厂　④张家口煤矿机械厂。

2. 表中TVA562、TVA650、TVA750、TVA866四种型号系引进德国VOITH公司专有技术。

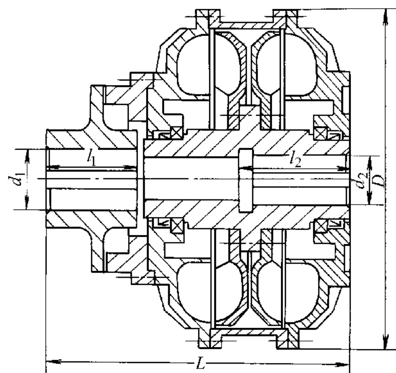
表24.2-5　输出端为带轮式的限矩型液力偶合器的技术参数及安装尺寸



（续）

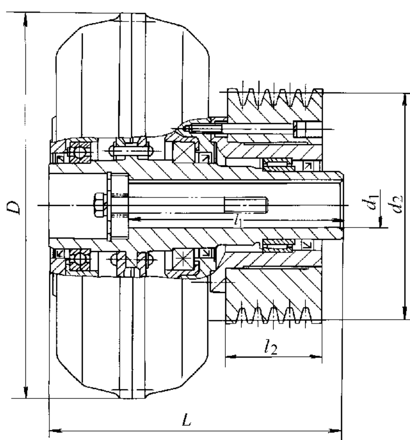
型　号	输入转速 /r·min^{-1}	传递功率范围 /kW	过载系数	效　率	外形尺寸 /mm		输入轴内孔 /mm			输出带轮 /mm			生产厂
					L	D	d_{1max}	l_{1max}	d_2	d_{2max}	l_{2max}	型　式	
YOX_R200	1000	0.2～0.5	2～2.5	0.97	160	245	28	60	M10	170	55	A 型 3 槽	大连液力机械总厂
	1500	0.8～2											
YOX_R220	1000	0.45～0.8	2～2.5	0.96	200	275	32	70	M10	180	60	A 型 3 槽	
	1500	1.4～2.5											
YOX_R250	1000	0.75～1.4	2～2.5	0.96	210	300	38	80	M10	180	65	A 型 4 槽	
	1500	2.6～5											
YOX_R280	1000	1.5～3	2～2.5	0.97	220	345	38	80	M10	200	80	B 型 3 槽	
	1500	4.5～8.7											
YOX_R340	1000	3.4～7	2～2.5	0.96	270	390	48	110	M12	300	120	C 型 4 槽	
	1500	12.5～24											
YOX_R360	1000	4.8～9	2～2.5	0.96	330	420	55	110	M16	300	140	C 型 5 槽	
	1500	15～30											
YOX_R420	1000	5～15	2～2.5	0.96	490	495	50	112		292	164	C 型 6 槽	
	1500	20～50											
YL-280P	1000	1.5～3	1.8～2	0.96	236	340	38	91	M16	190		B 型 4 槽	张家口煤矿机械厂
	1500	3～7.5											
YL-320P	1000	2.7～5	2～2.5	0.97	280	400	48	115	M16	245		B 型 4 槽	
	1500	9.6～16											
YL-360P	1000	7.5～11	1.8～2.2	0.965	335	430	55	118	M20	362		C 型 5 槽	
	1500	15～30											
OAY-200B_1	1410	0.8～2.2	2～2.5	0.98～0.95	193	248	42			110			江苏溧阳县化工机械厂
	3000	5.5～13											
OAY-270B_1	1000	0.98～1.5	2～2.5	0.98～0.95	256	310	42			125			
	1500	3～5.5											
OAY-320B_1	970	2.2～4	2～2.5	0.98～0.95	318	380	50			135			
	1470	7.5～13											
OAY-320B_2	970	2.2～4	2～2.5	0.98～0.95	338	380	50			135			
	1470	7.5～13											
OAY-360B_1	970	5.5～7.5	2～2.5	0.98～0.95	353	424	60			140			
	1470	17～30											
OAY-360B_2	970	5.5～7.5	2～2.5	0.98～0.95	390	424	60			140			
	1470	17～30											
OAY-420B_1	970	10～17	2～2.5	0.98～0.95	383	470	70			165			
	1470	40～65											
OAY-420B_2	970	10～17	2～2.5	0.98～0.95	432	470	70			165			
	1470	40～65											
OAY-480B_1	970	18～30	2～2.5	0.98～0.95	455	556	80			195			
	1470	75～110											
OAY-480B_2	970	18～30	2～2.5	0.98～0.95	516	556	80			195			
	1470	75～110											
OAY-560B_1	970	35～60	2～2.5	0.98～0.95	576	634	90			240			
	1470	120～210											
OAY-560B_2	970	35～60	2～2.5	0.98～0.95	652	634	90			240			
	1470	120～210											

表 24.2-6　双工作腔式液力偶合器的技术参数及安装尺寸



型　号	输入转速 /r·min⁻¹	传递功率范围 /kW	过载系数	效　率	外形尺寸 /mm		输入端 /mm		输出端 /mm		生产厂
					L	D	d_{1max}	l_{1max}	d_{2max}	l_{2max}	
YOX_D280	1000	3~6	2~2.5	0.96	338	345	48	110	42	90	大连液力机械总厂
	1500	9.5~17									
YOX_D320	1000	4.5~8	2~2.5	0.97	320	380	55	110	55	110	
	1500	13~25									
YOX_D360	1000	8.5~15	2~2.5	0.96	330	416	60	140	60	140	
	1500	25~48									
YOX_D750	1000	340~660	2~2.5	0.96	1380	842	110	210	110	163	
	1500	960~1520									

表 24.2-7　双工作腔输出端为带轮式液力偶合器的技术参数及安装尺寸

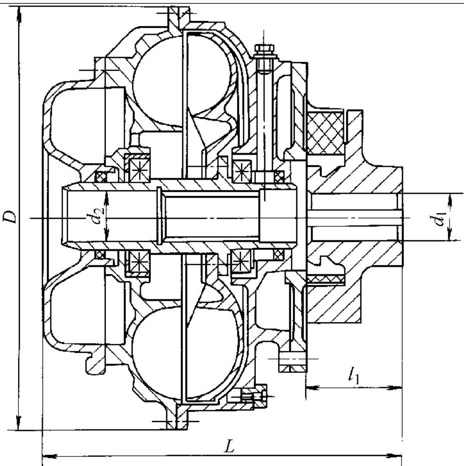


型　号	输入转速 /r·min⁻¹	传递功率范围 /kW	过载系数	效　率	外形尺寸 /mm		输入轴内孔 /mm		输出带轮 /mm		生产厂
					L	D	d_1	l_1	d_2	l_2	
YL-230P	1000	0.75~1.5	1.8~2	0.96	191	278	32	80	212		张家口煤矿机械厂
	1500	2.2~3									

（续）

型　　号	输入转速 /r·min⁻¹	传递功率范围 /kW	过载系数	效　率	外形尺寸 /mm		输入轴内孔 /mm		输出带轮 /mm		生产厂
					L	D	d_1	l_1	d_2	l_2	
$YOX_{DR}280$	1000	3～6	2～2.5	0.96	356	345	48	110	200	100	大连液力机械总厂
	1500	9.5～17									
$YOX_{DR}320$	1000	4.5～8	2～2.5	0.97	300	380	48	110	250	110	
	1500	13～25									
$YOX_{DR}360$	1000	8.5～15	2～2.5	0.96	325	416	60	140	320	140	
	1500	25～48									

表 24.2-8　输入端为弹性盘、输出端为花键孔式的限矩型液力偶合器的技术参数及安装尺寸



型　　号	输入转速 /r·min⁻¹	传递功率范围 /kW	过载系数	效　率	外形尺寸 /mm		输入端 /mm		输出端 /mm		生产厂
					L	D	d_1	l_1	d_2	渐开线花键 $\alpha=30°$	
YL-360	1000	7.5～11	1.8～2.2	0.96	359	431	42～55	110	45	$m2.5z16$	张家口煤矿机械厂
	1500	15～30									
$YL\text{-}400A_4$	1000	11～22	1.6～2.5	0.979～0.965	394～424	465	42～65	110～140	45	$m2.5z16$	
	1500	30～55									
YL-420	1000	11～22	1.8～2.4	0.96～0.95	380	490	42～65	70	50	$m2.5z16$	
	1500	17～55									
YL-450A	1000	15～30	2～2.5	0.97～0.965	423～453	520	55～75	110～140	65	$m3.5z16$	
	1500	55～110									
YL-500	1000	22～45	1.8～2.2	0.975～0.96	438～478	570	65～80	140～170	65	$m3.5z16$	
	1500	90～132									
YOXD-400	1470	20	1.9	0.95	384	465	55		45	$m2.5z16$	平顶山煤矿专用设备厂
YOXD-420	1470	22	1.57	0.96～0.95	380	490	60		50	$m2.5z16$	
WX462	1500	58.8～110	2.4～3.2	0.96	500	570	与6135、4135型柴油机联接		60	平键	石家庄阀门二厂

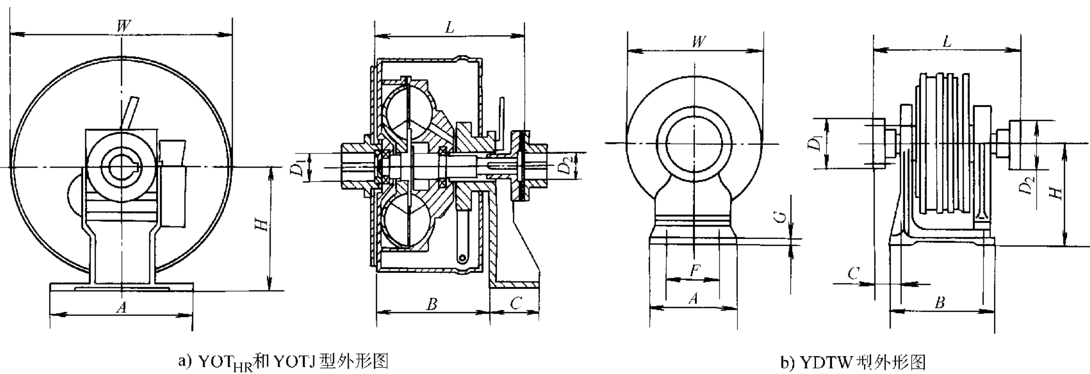
4.3　调速型液力偶合器的产品与规格

4.3.1　进口调节式调速型液力偶合器

1）$\mathrm{YOT_{HR}}$、YOTJ 和 YDTW 型液力偶合器其结构特点是没有固定箱体，外壳支承在外支架上，运转时随叶轮一起回转，故亦称回转壳体式。一般应用在500kW 以下小功率调速的场合。其技术参数及外形尺寸见表 24.2-9。

2）YDTL 型液力偶合器　其结构特点是立式。技术参数及外形尺寸见表 24.2-10。

表 24.2-9　$\mathrm{YOT_{HR}}$、YOTJ 和 YDTW 型液力偶合器的技术参数及外形尺寸



a) $\mathrm{YOT_{HR}}$和 YOTJ 型外形图　　b) YDTW 型外形图

型　号	输入转速 /r·min⁻¹	传递功率范围 /kW	额定滑差率 (%)	外形尺寸 /mm											生产厂
				L	W	H	A	B	C	D_1	D_2	E	F	G	
$\mathrm{YOT_{HR}}$280	1500	5～10	1.5～4	360	425	170	290	274	110						大连液力机械总厂
	3000	34～75													
$\mathrm{YOT_{HR}}$320	1000	1.5～3	1.5～4	360	465	170	290	264	110						
	1500	9～18													
$\mathrm{YOT_{HR}}$360	1000	5～10	1.5～4	400	530	165	400	318	109						
	1500	15～30													
$\mathrm{YOT_{HR}}$400	1000	10～15	1.5～4	463	610	350	360	300	150						
	1500	30～50													
$\mathrm{YOT_{HR}}$450	1000	15～30	1.5～4	551	670	355	350	310	154						
	1500	50～100													
$\mathrm{YOT_{HR}}$500	1000	30～50	1.5～4	501	740	355	350	320	156						
	1500	100～170													
$\mathrm{YOT_{HR}}$560	1000	50～100	1.5～4	622	860	500	600	408	200						
	1500	170～300													
$\mathrm{YOT_{HR}}$650	750	50～90	1.5～4	683	910	460	500	436	200						
	1000	100～180													
$\mathrm{YOT_{HR}}$750	750	70～130	1.5～4	600	1200	580	480	460	230						
	1000	180～300													
$\mathrm{YOT_{HR}}$800	750	120～200	1.5～4	792	1230	600	615	537	280						
	1000	300～500													
$\mathrm{YOT_{HR}}$875	750	130～210	1.5～4	750	1040	640	560	600	260						
	1000	300～850													
YOTJ320	1500	11～18.5	1.5～3	375	460	160	294	265	129	42	42				上海交通大学附属工厂
YOTJ360	1500	22～35	1.5～3	424	530	165	400	312	146	48	48				

（续）

型号	输入转速 /r·min^{-1}	传递功率范围 /kW	额定滑差率 (%)	外形尺寸/mm											生产厂
				L	W	H	A	B	C	D_1	D_2	E	F	G	
YOTJ400	1500	40～55	1.5～3	429	585	210	400	316	146	60	60				上海交通大学附属工厂
YOTJ450	1000	18.5～35	1.5～3	618	650	360	310	305	182	75	50				
	1500	60～120													
YOTJ500	1000	40～55	1.5～3	674	700	360	336	327	196	85	50				
	1500	130～200													
YOTJ560	1000	60～100	1.5～3	742	790	410	410	390	216	85	55				
	1500	220～350													
YDTW25/15	1470	3～6		500	360	320	430	226		170	170	190	400	10	中船重工集团711研究所
YDTW28/15	1470	4～10		600	416	350	380	470	133	170	170	430	340	20	
YDTW32/15	1470	8～17		560	520	420									
YDTW36/15	1470	15～35		560	550	448	450	345	100	220	220	280	390	30	
YDTW40/15	1470	35～60		630	610	450	400	440	124	220	220	390	350	30	
YDTW45/15	1470	50～100		742	660	450	450	525	120	240	240	475	410	25	

表 24.2-10 YDTL 型技术参数及外形尺寸

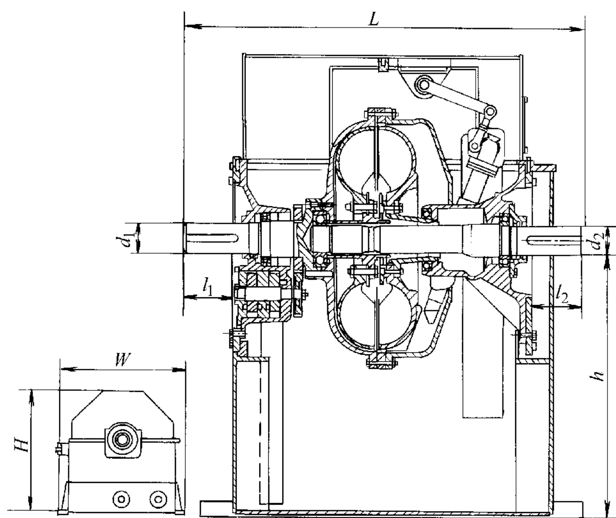
型号	转速 /r·min^{-1}	功率 /kW	外形尺寸/mm				生产厂
			A	B	C	D	
YDTL25/15	1470	3～6	400	300	300	480	中船重工集团711研究所
YDTL28/15	1470	4～10	420	350	350	520	
YDTL32/15	1470	8～17	450	350	350	550	
YDTL36/15	1470	15～35	500	410	410	580	
YDTL40/15	1470	35～60	550	410	410	645	
YDTL45/15	1470	50～100	630	550	550	700	
YDTL50/15	1470	100～200	700	550	550	750	

4.3.2 出口调节式调速型液力偶合器

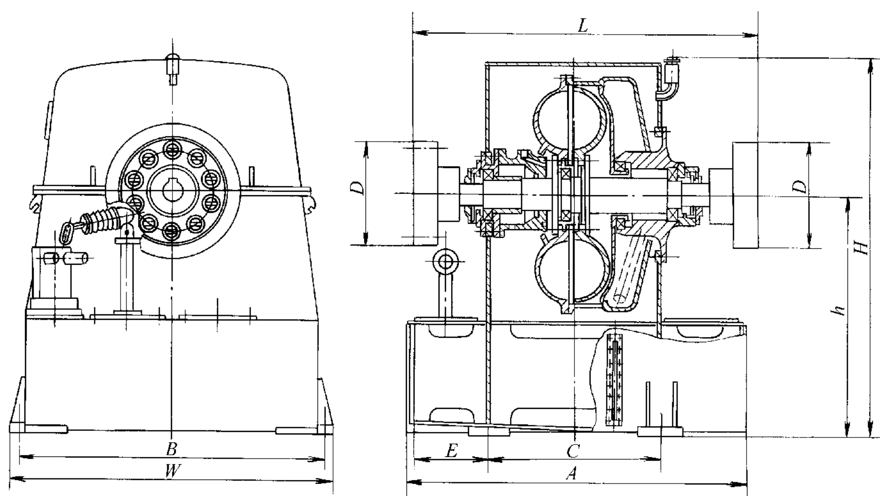
1）YOT$_{GC}$、GST、GWT 和 YOTC 型液力偶合器 其结构特点是有固定箱体、适用于中大功率设备的调速。技术参数及外形尺寸见表 24.2-11。

2）YOT、YOTC 和 YT 型液力偶合器 其结构特点为固定箱体式。技术参数及外形尺寸见表 24.2-12。

表24.2-11　出口调节式YOT_{GC}、GST、GWT和YOTC型液力偶合器的技术参数和外形尺寸



a) YOT_{GC}、GST、GWT和YOTC型外形尺寸简图



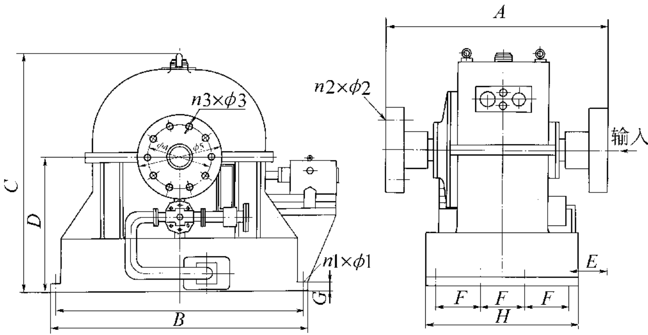
b) YOTC型外形尺寸简图

型　号	输入转速/r·min⁻¹	传递功率范围/kW	额定滑差率(%)	外形尺寸/mm													生产厂
				L	W	H	h	d_1	d_2	l_1	l_2	A	B	C	D	E	
$YOT_{GC}360$	1500	13～35	1.5～3	830	1205	940	560	60	60	115	115						大连液力机械总厂
	3000	110～305															
$YOT_{GC}400$	1500	30～65	1.5～3	830	1205	940	560	60	60	115	115						
	3000	240～500															
$YOT_{GC}450$	1500	50～110	1.5～3	1020	1120	1105	635	75	75	145	145						
	3000	430～900															
$YOT_{GC}650$	1000	75～215	1.5～3	1300	1200	1350	840	100	100	150	150						
	1500	250～730															

（续）

型号	输入转速/r·min^{-1}	传递功率范围/kW	额定滑差率(%)	外形尺寸/mm													生产厂
				L	W	H	h	d_1	d_2	l_1	l_2	A	B	C	D	E	
$YOT_{GC}750$	1000	150～440	1.5～3	1300	1200	1350	840	100	100	150	150						大连液力机械总厂
	1500	510～1480															
$YOT_{GC}875$	1000	365～960	1.5～3	1720	1500	1500	880	130	130	250	250						
	1500	1160～3260															
$YOT_{GC}1000$	750	285～750	1.5～3	1930	1840	1810	1060	150	150	250	250						
	1000	640～1860															
$YOT_{GC}1150$	750	715～1865	1.5～3	1930	1840	1810	1060	150	150	250	250						
	1000	1180～3440															
GST50	1500	70～200	1.5～3.25	1020	1120	1105	635	75	75	145	145						
	3000	560～1625															
GWT58	1500	140～400	1.5～3.25	1230	1310	1324	810	95	95	165	165						
	3000	1125～3250															
YOTC400	1500	30～63	1.5～3	840	935	958	560	60	60	120	120						北京起重运输机械研究所
	3000	240～500															
YOTC450	1500	40～106	1.5～3	935	1030	1032	625	70	70	125	125						
	3000	320～850															
YOTC450	5000	350～700	1.5～3	1038	900	960	600					850	800	420		297	上海交通大学附属工厂
YOTC500	3000	800～1500	1.5～3	960	1100	1130	655					942	1000	405		245	
YOTC560	3000	1600～2700	1.5～3	1000	1100	1150	700					980	1000				
YOTC650	750	70～100	1.5～3	1000	1100	1170	750					980	1000				
	1000	180～230															
	1500	400～800															
YOTC710	750	110～160	1.5～3	1386	1190	1380	865					1316	1120	600	410	339	
	1000	250～350															
	1500	850～1200															
YOTC800	750	170～270	1.5～3	1455	1260	1490	915					1370	1190	680	410	345	
	1000	360～650															
YOTC1000	750	280～800	1.5～3	1610	1570	1715	1110					1572	1470	770	500	377	
	1000	700～1800															
YOTC1250	600	800～1400	1.5～3	2110	1670	1975	1245					2000	1590	910	760	540	
	750	850～2500															
YOCH1000	1500	3000～5000	1.5～3	3496	2260	1886	1000	外形尺寸参看表中图 b)									

表 24.2-12　出口调节式 YOT、YOTC、YT 型液力偶合器的技术参数及外形尺寸



（续）

型　号	转速/r·min^{-1}	功率/kW	外形尺寸/mm														重量/kg	生产厂
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	$n1\times\phi1$	$n2\times\phi2$	$n3\times\phi3$	$\phi4$	$\phi5$		
YOT28/30	2970	30～72	600	650	668	380	80	1-440	30	490	600	4～24	6～18	6～36	120	170	350	中船重工集团第711研究所
YOT32/30	2970	60～140	600	650	668	380	80	1-440	30	490	600	4～24	6～18	6～36	120	170	500	
YOT36/30	2970	100～300	750	820	900	550	115	1-520	40	580	760	4～27	10～18	10～36	170	220	600	
YOT40/30	2970	250～520	800	820	900	550	140	1-520	40	580	960	4～27	10～58	10～30	245	330	900	
YOT45/30	2970	350～800	960	1120	1088	635	131	3-240	50	800	1060	8～22	10～58	10～30	245	330	1000	
YOT50/30	2970	600～1600	1000	1120	1088	635	146	3-240	50	800	1060	8～22	10～58	10～30	245	330	1300	
YOT50/15	1470	100～200	960	1120	1088	635	131	3-240	50	800	1060	8～22	10～58	10～30	245	330	900	
YOT58/30	2970	1600～3200	1230	1500	1460	810	30	1-1080	60	1160	920	4～27					3500	
YOT63/30	2970	2500～5000	1400	1560	1329	810	148	3-350	60	1160	1480	8～32	12～46	10～30	245	330	4000	
YOT56/15	1470	200～400	930	1200	1184	700	93.5	3-225	50	750	1140	8～22	10～58	10～30	245	330	1500	
	970	50～100																
YOT63/15	1470	380～620	970	1200	1184	700	113.5	3-225	50	750	1140	8～22	10～58	10～30	245	330	1600	
	970	90～220																
	730	50～80																
YOT71/15	1470	500～1100	1200	1510	1394	750	152.4	4-200	50	900	1450	10～22	10～72	10～38	310	410	2000	
	970	200～380																
	730	70～140																
YOT80/15	1470	700～1600	1300	1510	1394	750	202.5	4-200	50	900	1450	10～22	10～88	10～46	380	500	2500	
	970	260～580																
	730	130～250																
YOT90/10	970	500～1100	1500	1710	1595	900	220	4-240	50	1065	1650	10～28	10～88	10～46	380	500	3400	
	730	200～450																
YOT100/10	970	800～1800	1500	1710	1595	900	220	4-240	50	1065	1650	10～28	10～88	10～46	380	500	3600	
	730	350～760																
YOT115/10	970	2000～3500	1750	1850	1850	1150	235	4-320	50	1390	1750	10～35					8000	
	730	850～1600																
YOT125/7.5	750	1500～2500	2000	2400	2300	1240	71.5	4-430	50	1900	2300	10～48					13000	
	600	750～1250																
YOTC-800	985	550	1450	767	645	1370	900	1300	1380									上海电力修造总厂
YOTC-1000	740	700	1550	863	705	1515	1100	1545	1690									
YT62	2985	3200	1550	540	714	1524	929	728	1469									

4.4　液力偶合器传动装置的产品与规格

调速型液力偶合器只能应用在工作机与电动机转速相近的场合。但是，在实际使用中，有时两者转速差异很大。如大功率电动机的同步转速一般为1500～3000r/min，而同等功率的锅炉给水泵的转速通常为5000～8000r/min，少数竟达10000r/min；低速风机和磨煤机每分钟只有几百转。为解决这一矛盾，将齿轮增(减)速传动与液力偶合器结合在一起，安装在同一箱体里，就构成液力偶合器传动装置。

液力偶合器传动装置按齿轮传动所在的位置可分为：前置齿轮式(齿轮传动在液力偶合器输入轴前边)，后置齿轮式(齿轮传动在液力偶合器输出轴后边)和复合齿轮式(在液力偶合器前后均有齿轮传动)三种型式。

1）前置齿轮式液力偶合器传动装置　其性能参数及外型尺寸见表 24.2-13。

2）后置齿轮式液力偶合器传动装置　YOCH 型液力偶合器传动装置为后置齿轮式。输入转速为1500r/min，输出转速为 735～210r/min。输入轴与输出轴的间距为 660mm。其具体性能及外形尺寸见表 24.2-11。

3）复合齿轮式液力偶合器传动装置　YOCF-01 型液力偶合器传动装置为复合齿轮式。液力偶合器泵轮和涡轮轴两侧均采用二级齿轮增速。液力偶合器采用进出口调节，结构紧凑，调速灵敏。用于 200MW 全容量或 300MW，320MW 半容量发电机组的锅炉给水泵调速。图 24.2-32 为其功率选择图，图 24.2-33 为其外形尺寸图(北京电力设备总厂生产)。

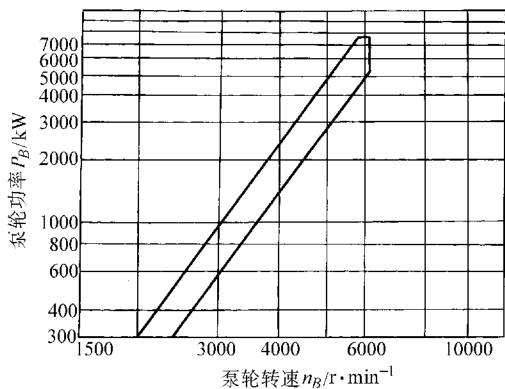


图 24.2-31 YOCQ-A 型液力偶合器传动装置功率选择图

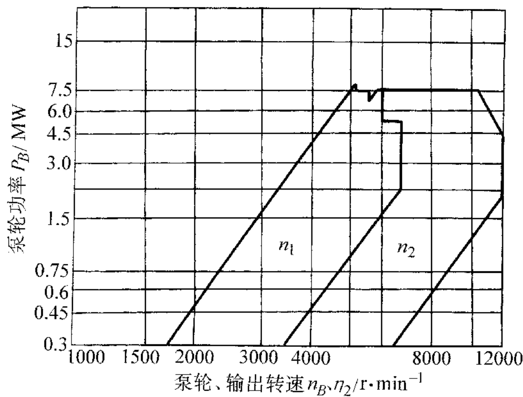
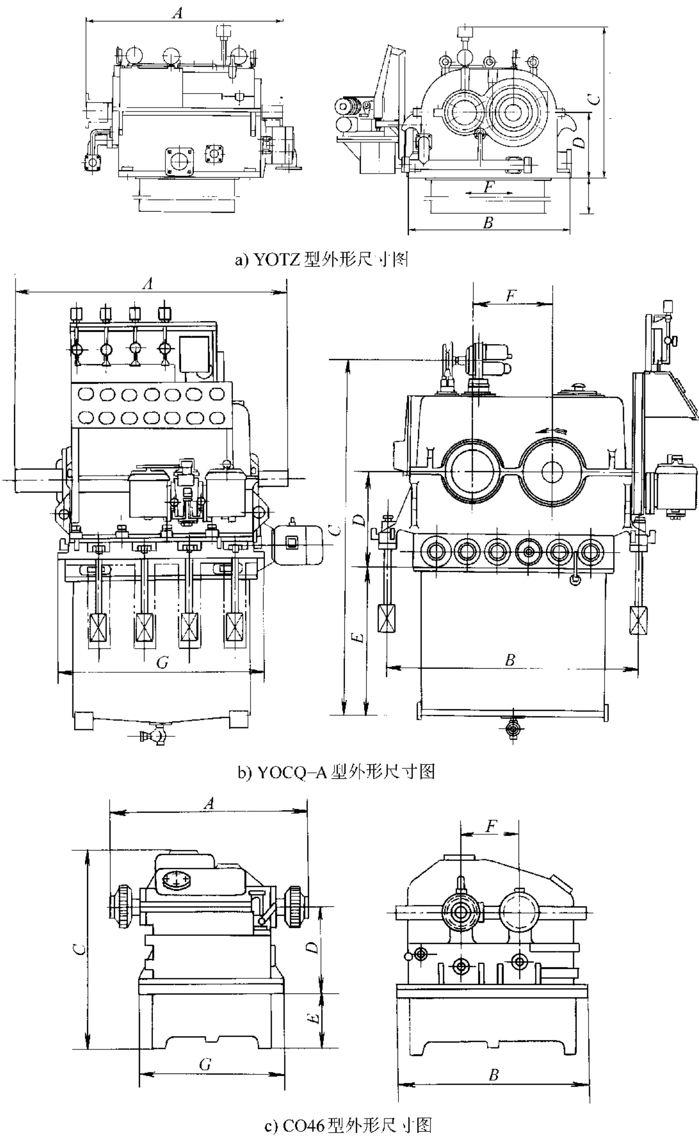


图 24.2-32 YOCF-01 型液力偶合器传动装置功率选择图

表 24.2-13 YOTZ、YOCQ-A、CO46 型液力偶合器传动装置技术参数及外形尺寸



（续）

型　　号	泵轮转速 /r·min⁻¹	功率 /kW	外形尺寸/mm							重量 /kg	生　产　厂
			A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*		
YOTZ32/48	4800	350～710	1031	810	1250	350		396		1000	中船重工集团第711研究所
YOTZ32/58	5800	630～970	1035	1334	1007	500		250		1000	
YOTZ36/55	5500	800～1650	1200	980	1500	400	720	300		1500	
YOTZ40/43	4300	820～1300	1444	1060	900	400		350		2500	
YOTZ40/55	5500	1600～2800	1180	1520	1880	620	780	350		2500	
YOTZ43/52	5200	2000～3500	1424	1226	940	500	980	350		2800	
YOTZ45/51	5100	3200～4000	1460	1500	2340	620	1000	350		3500	
YOTZ48/52	5200	3500～4500	1599	2374	2409	650		512		4000	
YOTZ50/52	5200	4000～6000	1395	1140	1100	550		450		4500	
YOCQ-A	见图24.2-31	见图24.2-31	1855	1700	2385	650	1005	550	1400		北京电力设备总厂
CO46	4782	3200	1423	1492	1610	700	463	508	1016		上海电力修造总厂

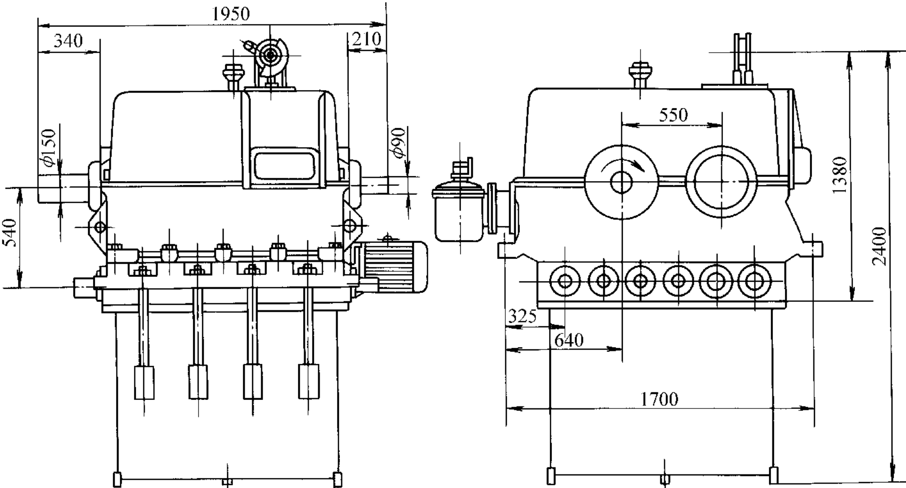


图24.2-33　YOCF-01型液力偶合器传动装置外形简图

4）固定导管喷嘴阀控式调速型液力偶合器传动装置　最近由济南柴油机厂液力传动事业部研制成功的固定导管喷嘴阀控式调速型液力偶合器传动装置已通过评审鉴定。该项技术填补了国内空白，现已批量地应用于石油机械、船舶驱动，得到好评。偶合器有效直径为750mm。工作原理见图24.2-34。其工作过程为：动力机带动偶合器泵轮旋转，与偶合器泵轮连接并带有径向叶片的外罩也随之旋转，外罩与工作腔通过油孔相连通，外罩中装有固定导管，外罩带动工作油高速旋转，固定导管的开口迎向高速旋转油的来油方向。

当比例控制阀与偶合器工作腔的腔口（比例控制阀出油口）关闭时，比例控制阀与偶合器油箱相通的腔口打开，工作腔中的工作油经由单向阀、主油路、油冷器、比例控制阀旁通孔返回油箱，从而实现快速排油，即为“离”的状态。

当比例控制阀与偶合器工作腔相通的腔口（比例控制阀出油口）打开时，比例控制阀与偶合器油箱连通的腔口关闭，工作油将经由比例控制阀进入偶合器工作腔，偶合器充油，然后通过偶合器喷嘴回到油箱。即为“合”的状态。在此状态下，通过调节比例控制阀，可以实现对工作腔充液量的无极调节，实现偶合器的无极调速。

比例控制阀可以采用气动控制或电动控制。

偶合器工作油冷却方式可以选用联合水冷（即利用柴油机冷却系统）或独立风冷。

该传动装置可采用后置或前置不同型式、不同速比的机械减速箱，从而实现与不同工作机的匹配。

采用该技术的750型液力偶合器传动装置有：YOTZJ750和YOTFJ750两种形式。

a）YOTFJ750固定导管喷嘴阀控式调速型液力偶合器反车传动装置

其结构见图24.2-35。该装置采用偶合器后置单级齿轮减速机构，输出轴采用垂直高位布置，偶合器与单级齿轮减速机构装在同一箱体内，输入轴与输出轴转向相反，因而称作“反车”。

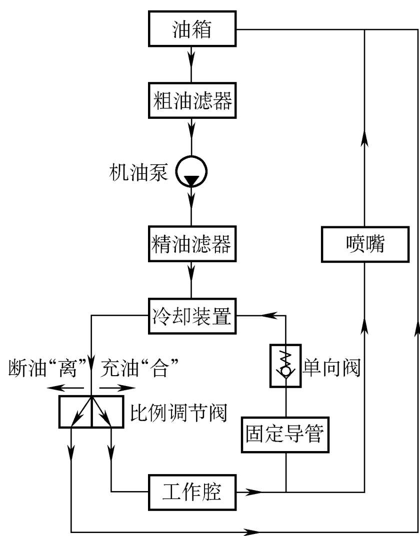


图 24.2-34　固定导管喷嘴阀控式调速型液力偶合器传动装置工作原理图

该装置的箱体为固定式结构，分有上下箱，下箱体下部兼做油箱。输入轴、外罩、泵轮罩、泵轮组成了输入端的旋转部分，通过涡轮、涡轮轴带动输出轴。泵轮轴与涡轮轴在同一轴线上，共有五个支点，从左至右，泵轮轴左支点在箱体左侧边轴承座上，另一支点在涡轮轴左端头轴承相互支撑，还有一个支点在箱体中间支撑的瓦座上；涡轮轴除左端与泵轮相互支撑外，一个支撑点在箱体中间支撑瓦座上，另一侧在箱体右侧支撑座上的轴承套内。

泵轮通过连接盘的齿轮与供油泵泵轴的齿轮啮合驱动供油泵。工作油经过滤油器进入供油泵泵入主油道，一部分注入工作腔，另一部分经过安全阀，通往箱体外的冷却装置，冷却后的工作油返回油箱。冷却装置可用联合水冷或独立风冷，本图结构采用了联合水冷。

箱体内设有单独的润滑油路，对各运转轴承及齿轮进行强制润滑。

YOTFJ750 固定导管喷嘴阀控式调速型液力偶合器反车传动装置主要应用于石油钻机、水平定向钻机、盐井钻机、煤层气井钻机等传动系统，亦可用于其他启动大惯量的机械装置。

主要性能参数：

输入转速：1000～1500r/min；

传递功率范围：600～1300kW；

齿轮减速比：1.89～3.26；

额定滑差率：3%～5%；

调速范围：1～1/3；

离合反应灵敏度：8～10S；

工作油温：≤110℃；

冷却方式：联合水冷或独立风冷

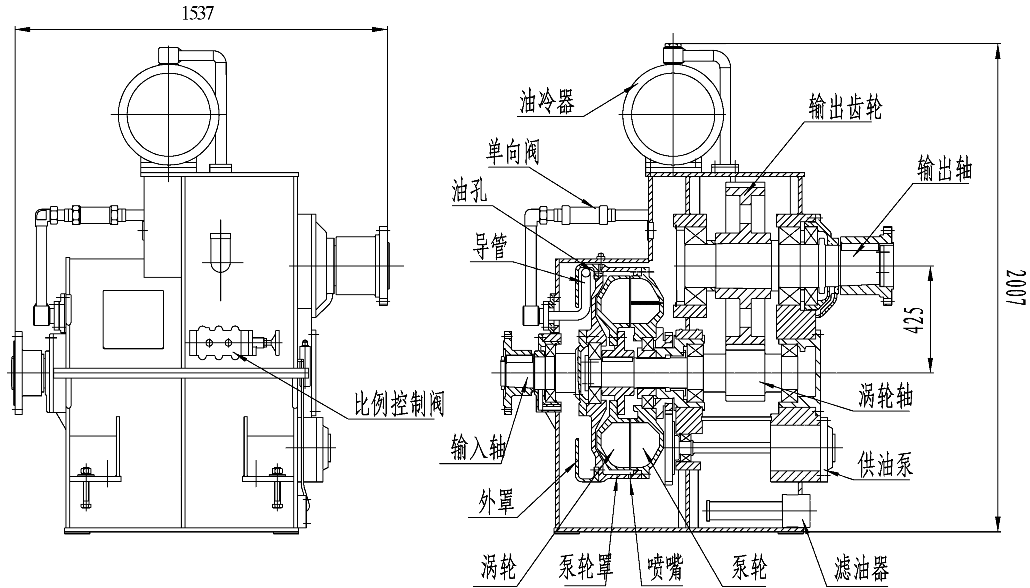


图 24.2-35　YOTZJ750 固定导管喷嘴阀控式调速型液力偶合器反车传动装置

使用油品：6 号或 8 号液力传动油(环境温度在 -20℃以上时使用 6 号液力传动油，环境温度在 -20℃以下时使用 8 号液力传动油)

b）YOTZJ750 固定导管喷嘴阀控式调速型液力偶合器正车传动装置　结构见图 24.2-36。液力偶合器与后置两级齿轮减速机构安装在一个箱体内。输入与输出轴同轴布置且转向相同，故而称作“正车”。其它结构与 YOTFJ750 固定导管喷嘴阀控式调速型液力偶合器反车传动装置基本相同。本图结构采用独立风冷。

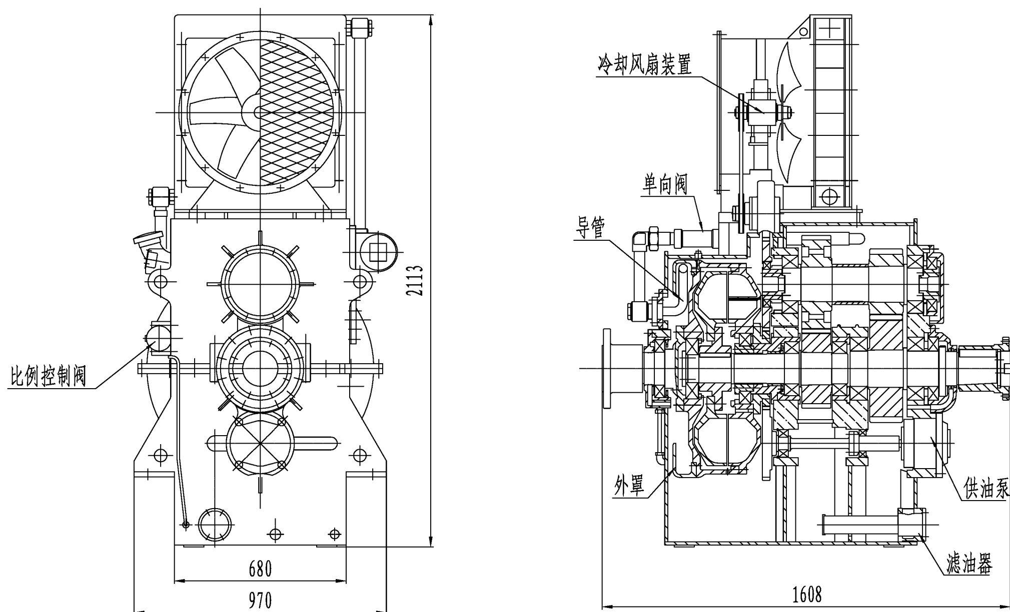


图 24.2-36　YOTZJ750 固定导管喷嘴阀控式调速型液力偶合器正车传动装置

主要性能参数：

最大输入转速：1500r/min；

最大输入功率：1500kW；

齿轮减速比：1.5 ~ 2.5；

额定滑差率：1.5% ~ 3%；

调速范围：1 ~ 1/3(恒转矩)；1 ~ 1/5(恒功率)

离合反应灵敏度：8 ~ 10S；

工作油温：≤110℃；

冷却方式：联合水冷/独立风冷

使用油品：6 号或 8 号液力传动油(环境温度在 -20℃以上时使用 6 号液力传动油，环境温度在 -20℃以下时使用 8 号液力传动油)

4.5　液粘调速器与液力减速器

4.5.1　液粘调速器

液体粘性传动是国外 20 世纪 70 年代发展起来的一种新的传动技术。它以粘性液体为工作介质(国内有关标准建议采用 8 号液力传动油)，以牛顿内摩擦定律为理论基础。

液体粘性传动元件是液粘调速器。在一些著作与资料中也称之为奥美伽离合器、可调式离合器、油膜摩擦调速器和液体粘性传动变速装置。

图 24.2-37 为液粘调速器的结构示意图。输入轴 8 和输出轴 6 分别与一组摩擦片相连。工作液体在主动片和被动片间形成油膜。主动片和被动片存在转差。动力的传递和速度(转差)的调节靠油膜的内摩擦力来实现。传递力矩的大小取决于液体的动力粘度 η、油膜的厚度 h(即摩擦片的间隙)、摩擦片的内外径 d 和 D、摩擦片的结合面数 z 和转差。为便于工程计算和检测，将难于测定的内参数及各参数间的关系统归为一个系数 λ，称 λ 为力矩系数。传递力矩 M 以下式表示

$$M = \lambda \eta Z \omega_1 D^4$$

式中　λ——力矩系数(1/m)；

η——工作液体动力粘度(Pa・s)；

Z——摩擦片结合面数；

ω_1——输入转速(rad/s)；

D——摩擦片有效外径(m)。

力矩系数 λ 是一个导出参数，按测定的力矩由计算得出

$$\lambda = \frac{M}{\eta Z \omega_1 D^4}$$

力矩系数标志着液粘调速器能容的大小，λ 越大、传递的力矩越大。

液粘调速器具有零速、同步和调速三种工况，因而与恒速的动力机匹配可获得输出轴的无级变速。调速范围为 0～1。调速是靠控制环形油缸 7 中油的压力实现。当油压增高时，摩擦片所受轴向压力增大，油膜厚度减小，输出转速升高。反之亦然。

液压缸的油压是通过电控器与电液比例阀(或液压伺服阀)组成的系统控制；也可通过某些电液信号转换实现自动控制。

液粘调速器广泛用于风机、水泵、压缩机等设备的调速运行，其运行特性类似于调速型液力偶合器。调速节能效果为设备额定功率的 20%～45%。

国内目前已有几种规格的液粘调速器的产品，其外形尺寸见图 24.2-38 和图 24.2-39，性能参数见表 24.2-14。

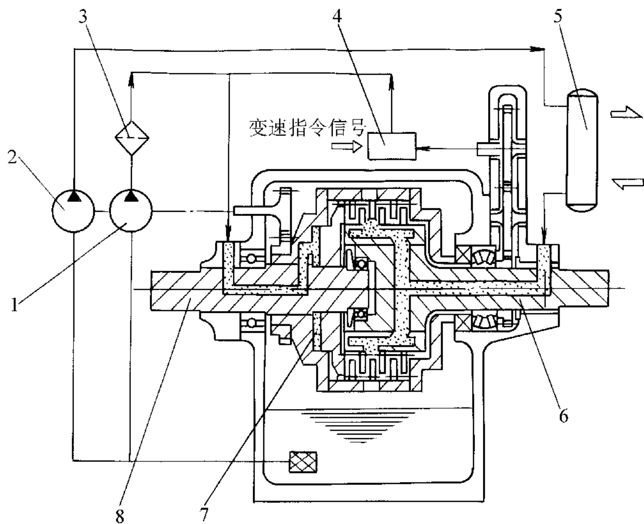


图 24.2-37 液粘调速器结构示意图
1—工作液压泵 2—润滑液压泵 3—滤油器 4—速度控制器 5—冷却器 6—输出轴 7—环形油缸 8—输入轴

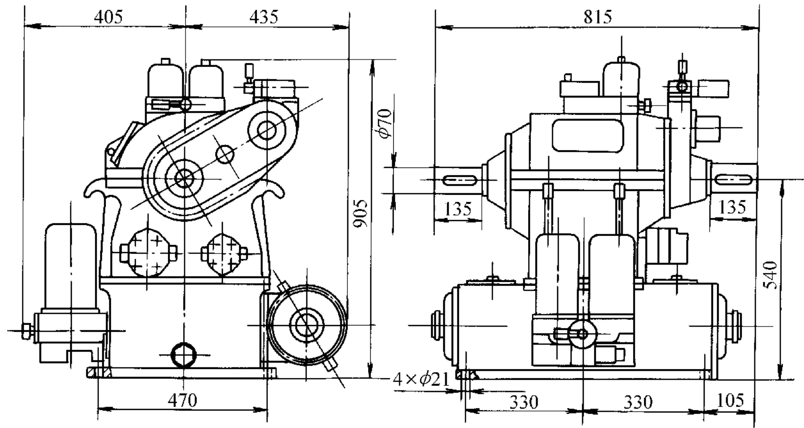


图 24.2-38 TL02 液粘调速器外形尺寸

表 24.2-14 液粘调速器性能参数

型 号	输入转速 /r·min⁻¹	传输能力 /kW·r⁻¹	控制油压 /MPa	传动油压 /MPa	外形尺寸 /mm×mm×mm	重量 /kg	生产单位
TL02	≤1500	0.2 (≤300kW)	0.25～1.2	0.05～0.2	815×840×905	570	杭州齿轮箱厂
TL05	≤1500	0.5 (≤750kW)	0.25～1.2	0.05～0.2	1010×905×1100	950	杭州齿轮箱厂
YT250	≤3000	≤500	0.25～1.8	0.1～0.3	840×935×975	660	大连液力机械总厂 冀县起重运输机械厂 获嘉县机械厂

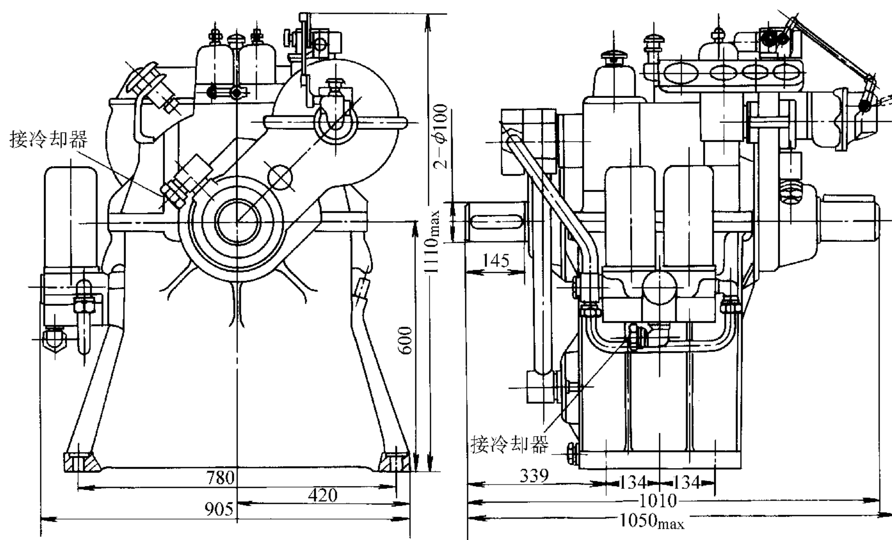


图24.2-39　TL05液粘调速器外形尺寸

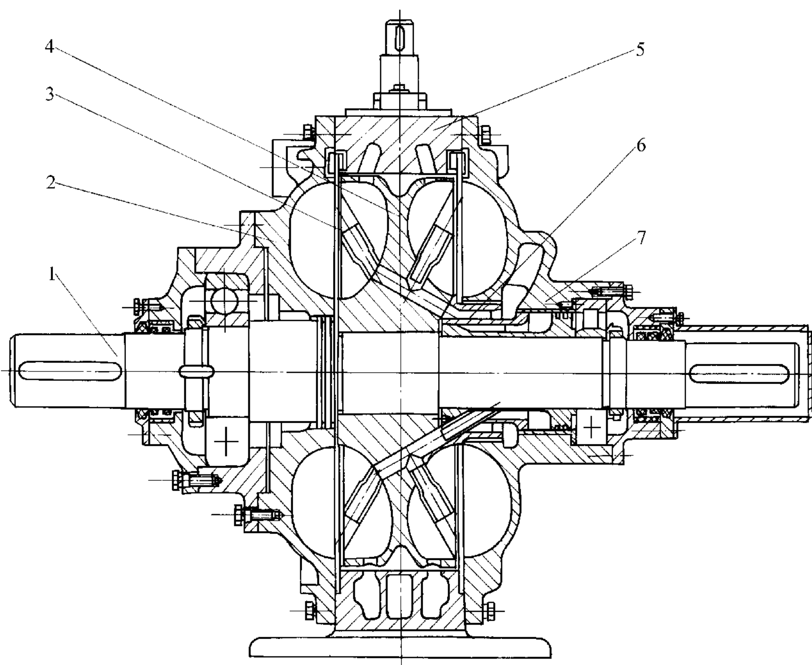


图24.2-40　YZQ-2000S型液力减速器

1—主轴　2—内定子　3—闸板机构　4—转子　5—中间体

6—进油体　7—外定子

4.5.2　液力减速器

液力减速器(液力制动器)是液力偶合器的一个特例。它不是传动元件，而是耗能的减速制动元件。它的结构特点是：涡轮不转动，不输出动力；泵轮和涡轮均采用前倾斜叶片，以增大制动力矩。

液力减速器的泵轮(称转子)与涡轮(称定子)对称布置，见图24.2-40。转子随主轴转动，定子固定在箱体上。充液时，转子使机械能转换为液体能，液流以较高的速度和压力冲向定子叶片，定子对液流的反作用力矩即为转子的制动力矩。此时，全部液体能转换为热能。被加热的液体通过冷却器冷却后又回到液力减速器中，如此不断循环工作。

液力减速器与液力偶合器具有相同的力矩公式，

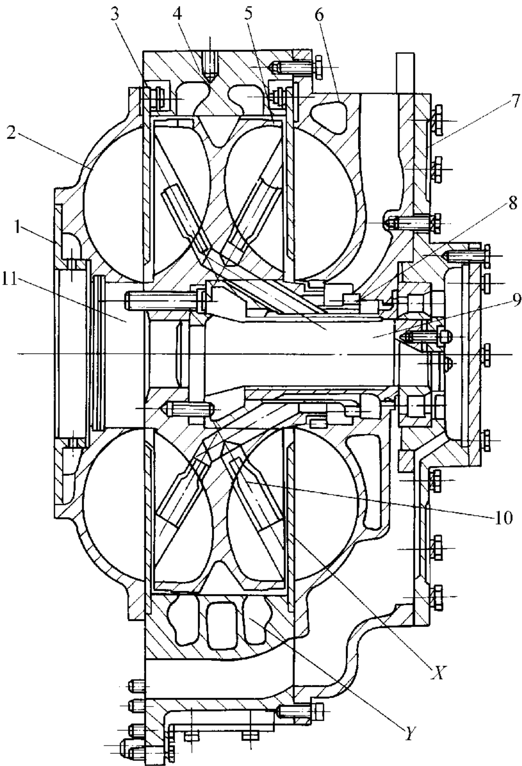


图 24.2-41　Z510 型液力减速器

1—定子内套　2—内定子　3—闸板机构　4—中间体　5—转子　6—外定子　7—外盖　8—进油体　9、11—制动轴　10—导油管　X—减速器中间腔　Y—蜗壳

即
$$M_B = \rho\lambda\omega_B^2 D^5$$

λ 与腔型、叶片倾斜角、叶片数及充液量有关。液力减速器通常采用 30°或 45°前倾叶片。力矩系数 λ 约为相同腔型径向叶片的普通型液力偶合器的 3 ~ 10 倍。

液力减速器按其用途可分为固定设备用和车辆用两种。

1）固定设备用液力减速器　它主要用于下运带式输送机、球磨机、棒磨机等大惯量机械设备。

以下运带式输送机为例，它要求有较高的制动平稳性(减速度在 0.1 ~ 0.3m/s² 范围内)，并能按系统需要及时自动调节其减速能力；要求有足够的制动力矩(主电机额定力矩的 1.5 倍)，以确保减速、制动效果；要求制动系统在事故停电状态时能迅速而安全地进行减速和制动。采用液力减速器均能较好地满足上述要求，YZQ 型液力减速器(图 24.2-40)主要用于下运带式输送机。

2）车辆用液力减速器　在长大坡下行时，车辆的势能成为行进的附加动力，使车辆加速。为防止车辆下行超速，可采用液力减速器进行减速。

图 24.2-41 为北京型(3000HP)液力传动客运内燃机车用的 Z510 型液力减速器。

此外，公路车辆，如大型载重汽车、公共汽车也多采用液力减速器进行减速和制动。目前国内尚无定型产品。

液力减速器的性能参数见表 24.2-15。

表 24.2-15　液力减速器性能参数

型　　号	适用转速 /r·min⁻¹	制动力矩 /N·m	力矩系数 /min·m⁻¹	生　产　厂
YZQ-2000S	450 ~ 1520	2000	53.1×10^{-6}	煤炭科学研究院上海研究所
Z510	920	2000kW		二七机车车辆厂

第 3 章　液力变矩器

1　液力变矩器的分类、性能和特点

液力变矩器根据下述功能、结构特点进行分类（图 24. 3-1）。

1）按特性和功能分为可调和不可调液力变矩器。

2）按相数分为单相和多相液力变矩器。

最基本的液力变矩器由主叶轮的泵轮、涡轮和导轮组成。为改善特性、扩展功能，有些液力变矩器还附有辅叶轮。辅叶轮借液力矩的作用可与主叶轮或壳体联接或脱空。参予与液流相互作用并转换能量的若干叶轮的组合运转，具有独有特性的工况分区称为相。不参予作用的叶轮在液流中自由旋转，叶轮的参予与否是由于液力矩方向的改变，借助超越离合器自动实现或其他机械方法(如操纵离合器或制动器)实现。

3）按涡轮相对泵轮的转向分为正转和反转液力变矩器。

4）按级数分为单级和多级液力变矩器。涡轮转换能量可以分级进行，根据转换液能为机械能的涡轮叶栅的列数分级。每列涡轮叶栅插在其他叶轮叶栅之间，各列涡轮叶栅彼此刚性联接并与输出轴相连，各列导轮叶栅彼此刚性联接并与固定的壳体相连。

5）按流经涡轮叶栅的液流流向分为向心涡轮、轴流涡轮和离心涡轮液力变矩器。涡轮叶栅在循环圆中的配置位置决定了其中的液流流向。出口半径小于进口半径的涡轮，液流在其中的流向是从周边向中心，称为向心涡轮。进出口半径近似相等的涡轮，液流在其中轴向流动，称为轴流涡轮。出口半径大于进口半径的涡轮，液流在其中的流向是从中心向周边，称为离心涡轮。

6）按是否可闭锁排除液力变矩器的工作，分为闭锁和不闭锁液力变矩器。

1.1　单相液力变矩器

1.1.1　单相单级液力变矩器

三种不同型式涡轮的单相单级液力变矩器，其特性截然不同，见图 24. 3-2。它们的特点如下：

1）向心涡轮液力变矩器　根据导轮叶栅在循环圆中的配置位置，向心涡轮液力变矩器有四种基本型式。

轴流导轮（图 24. 3-1a）和双列叶栅导轮（图 24. 3-1d）的空载转速比 $i_k \approx 1.0$；向心导轮（图 24. 3-1b）的空载转速比大，$i_k = 1.10 \sim 1.15$，特性曲线右移；离心导轮（图 24. 3-1c）的空载转速比小，$i_k = 0.80 \sim 0.85$，特性曲线左移。上述液力变矩器工业上均得到生产应用，其中以轴流导轮的应用最为广泛。

向心涡轮液力变矩器的空载损失小，$\lambda_{Bk} = (1.5 \sim 3.5) \times 10^{-4}$；透穿数大，$T = 1.05 \sim 2.20$；能容大，$\lambda_{Bk} = (16 \sim 34) \times 10^{-4}$。能容小的零速变矩系数大，透穿数小，并具有混合透穿，小转速比区呈负透，大转速比区呈正透；能容大的零速变矩系数小，透穿数大，呈正透。透穿数、零速变矩系数和最高效率与能容之间的关系有内在的规律，见图 24. 3-3。

由于结构的特点向心涡轮液力变矩器容易实现多相化，扩宽高效工况区。多为三维叶型。

2）轴流涡轮液力变矩器　轴流涡轮液力变矩器（图 24. 3-1e）的载荷特性接近于不透，透穿数 $T = 1.0 \sim 1.1$，空载损失很大，能容接近向心涡轮液力变矩器，效率略低。也是三维叶型。

轴流涡轮液力变矩器在挖掘机和起重机上得到应用。

3）离心涡轮液力变矩器　离心涡轮液力变矩器（图 24. 3-1f）的载荷特性为负透，透穿数 $T = 0.8 \sim 0.9$，空载损失很大，能容小，$\lambda_{Bh} = (5 \sim 20) \times 10^{-4}$。设计工况转速比可以在较宽的范围内选取

$$i^* = 0.45 \sim 0.85$$

据此设计成低、中、高三种适应不同运转工况区，具有不同性能的变矩器。低速（起动）变矩器的零速变矩系数大，$K_0 = 5.5 \sim 6.5$，高速（运转）变矩器的效率高。

离心涡轮液力变矩器在内燃机车上得到广泛的应用。

1.1.2　单相多级液力变矩器

单相多级液力变矩器(图 24. 3-1g ~ j)液流连续作用在多列涡轮叶栅，每列叶栅只转换部分液能为机械能。这样，涡轮和导轮叶栅可以采用短而弯曲不大的翼型叶型，减小变工况下液流入口的冲击损失，因此这种液力变矩器的高效区宽，零速变矩系数大

$$K_0 = 5 \sim 7$$

但最高效率较低

$$\eta_{\max} = 0.80 \sim 0.84$$

多级变矩器不适于在偶合工况区运转，因此在转速比 $i = i_k$（$K = 1.0$）时，应把输入轴和输出轴闭锁，工作液排空。

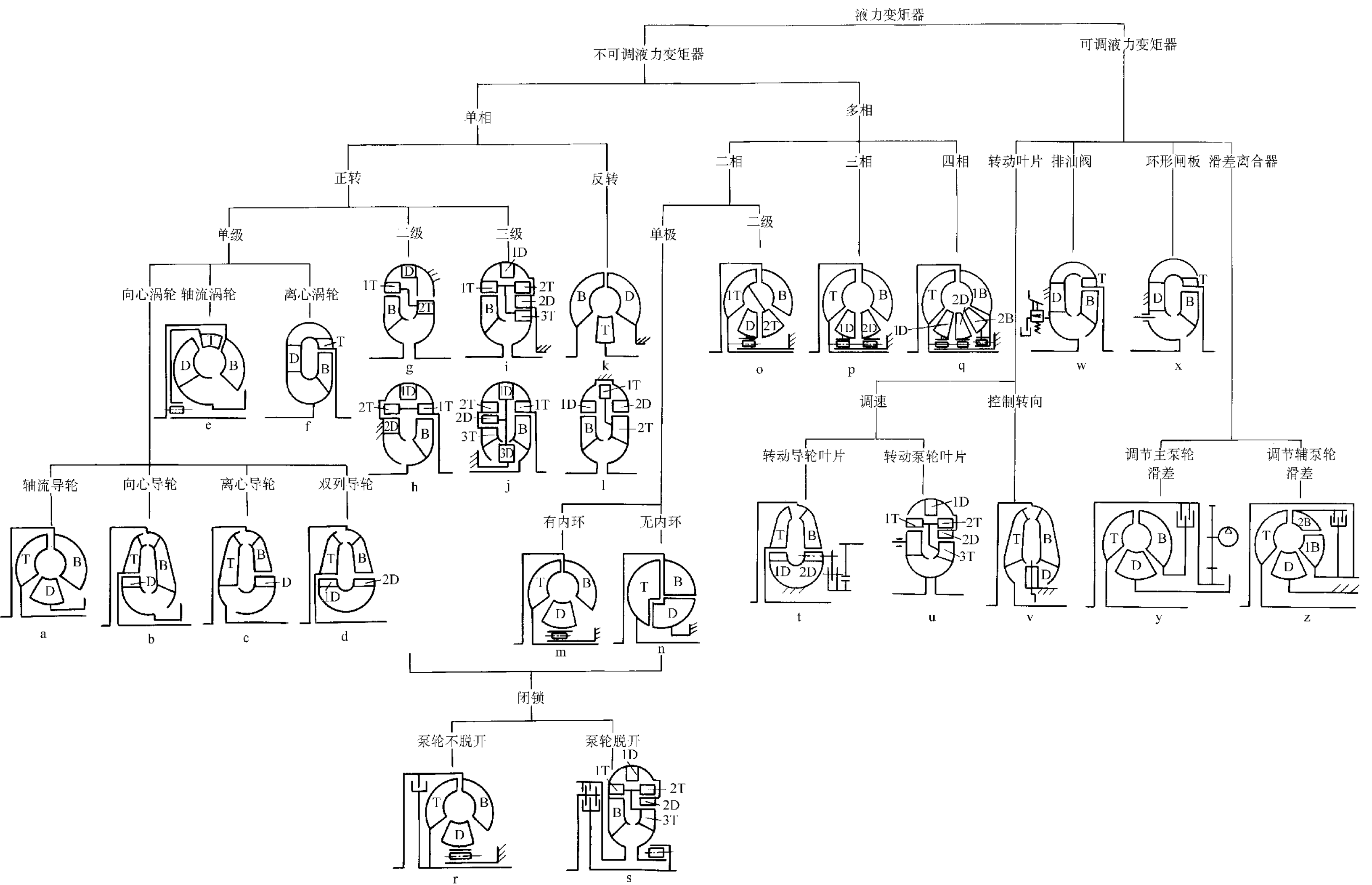


图24.3-1 液力变矩器的分类

多级变矩器结构复杂，价格较高，而在小转速比范围性能的提高仍满足不了使用要求。因此多级液力变矩器逐渐被后部串联有机械变速器的单相或多相液力变矩器所取代。

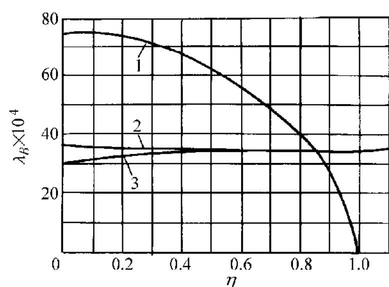


图 24.3-2　三种不同型式涡轮的液力变矩器的泵轮力矩特性
1—向心涡轮　2—轴流涡轮
3—离心涡轮

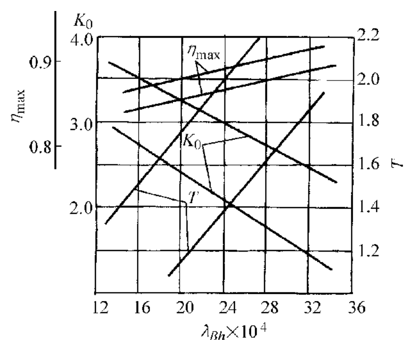


图 24.3-3　单相单级向心涡轮液力变矩器特性参数间的关系

1.1.3　反转液力变矩器

液力变矩器涡轮相对泵轮的转向决定于主叶轮的叶栅在循环圆中的排列顺序。从液流流向看，顺序为泵轮—涡轮—导轮的液力变矩器，在牵引工况区，涡轮转向与泵轮相同，称为正转液力变矩器(图 24.3-1a ~ j)。绝大多数液力变矩器属于这一类。反之，顺序为泵轮—导轮—涡轮的液力变矩器，在牵引工况区，涡轮转向与泵轮相反，称为反转液力变矩器(图 24.3-1k、l)。

反转液力变矩器由于导轮位于涡轮前，导轮改变了进入涡轮的液流流向，因而改变涡轮的旋转方向。由于涡轮位于泵轮前，载荷引起涡轮转速的改变直接影响着泵轮的入口条件，所以反转液力变矩器具有大的透穿数(图 24.3-4)。此外，由于液流方向的急剧改变，这种液力变矩器的效率低。

反转液力变矩器在船舶液力传动装置中作为倒车换向的液力元件；在外分流液力机械变矩器中作为液力元件(见第 4 章)。

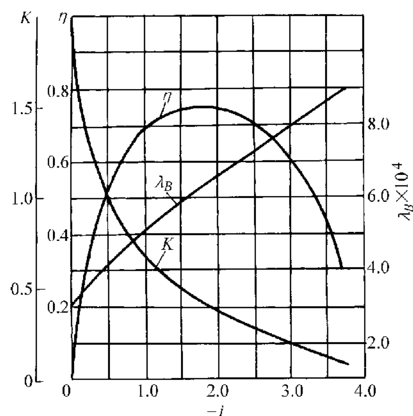


图 24.3-4　反转液力变矩器的无因次特性

1.2　多相液力变矩器

多相内分流液力机械变矩器见第 4 章。

1.2.1　二相单级液力变矩器

二相单级液力变矩器把变矩器和偶合器的特点综合到一台变矩器上，因此有时也称为综合式液力变矩器。根据作用原理的不同，二相单级液力变矩器可分为有内环和无内环两种。

1）有内环二相单级液力变矩器　有内环二相单级液力变矩器(图 24.3-1m)，是把单相向心涡轮液力变矩器的导轮安装在超越离合器上。一相是三个叶轮全部参与作用，另一相仅泵轮和涡轮参与作用，导轮在液流中自由旋转。

从变矩相过渡到偶合相或再从偶合相返回到变矩相，是由液流对导轮叶栅的作用而自动实现。

二相液力变矩器的运动学简图、不同工况下导轮入口液流的来流方向及其无因次特性见图 24.3-5。转速比在 0 ~ i_h 工况区，涡轮转速较低，从涡轮流出的液流流向导轮叶型的工作面(压力面)，液流力驱使导轮朝与泵轮相反的旋转方向转动，此时超越离合器楔紧导轮不转。系统在变矩相运转。

随着输出轴载荷的减小，涡轮转速提高。在 $i > i_h$ 工况区，从涡轮流出的液流改变方向，流向导轮叶型的背面，驱使它朝与泵轮相同的旋转方向旋转，由于超越离合器松脱，导轮自由旋转。此时，由于在循环圆中没有不动的导轮存在，不能变换力矩。系统在偶合相运转。

为了避免在 $i^* \sim i_h$ 段效率过低，二相变矩器的设计工况 i^* 较大，零速变矩系数较小。

有内环二相单级液力变矩器在小轿车和小吨位叉车上得到极其广泛的应用。

2）无内环二相单级液力变矩器　无内环二相单

级液力变矩器(图24.3-1n)循环圆内的工作液没有充满，充液率约65%~85%，没有辅助系统，借自然通风散热。泵轮和涡轮叶栅都是径向平面叶型，导轮叶型为三维叶型。转速比小时，涡轮的离心力小，泵轮与涡轮间的液流压差大，液流在循环圆内作大循环流动，液流流经导轮叶栅，因此具有变矩的功能。转速比大时，压差小，液流在循环圆内作小循环流动，没有流经导轮叶栅，不具变矩功能，仅起偶合作用。这种液力变矩器能容小，变矩系数小($K_0\approx1.5$)，其特性曲线见图24.3-6。

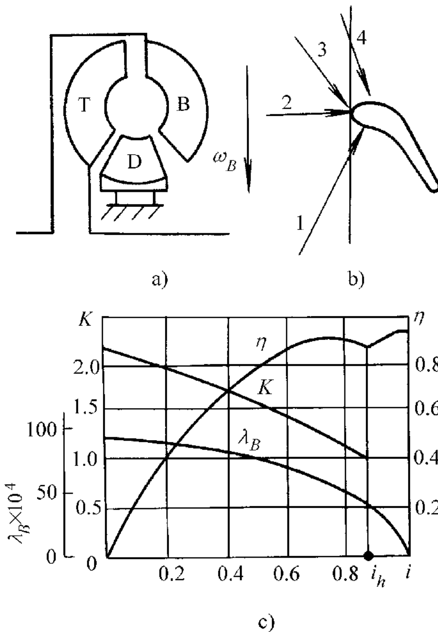


图24.3-5　有内环二相单级液力变矩器
a）运动学简图　b）不同工况导轮叶栅入口来流方向
c）无因次特性
1~4—相应 $i=0$、$i=i\eta$、$i=i_h$ 和 $i>i_h$ 工况的液流方向

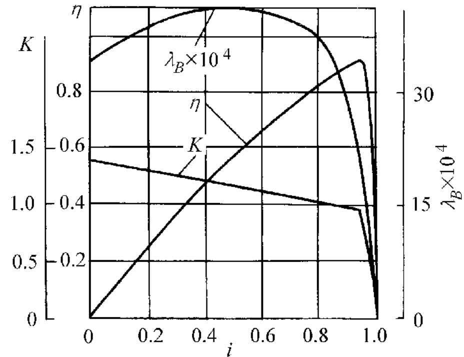


图24.3-6　无内环液力变矩器的无因次特性

无内环液力变矩器结构简单，在带式和刮板式运输机上得到应用。

1.2.2　三相单级液力变矩器

为了增大零速变矩系数，扩宽高效区。增加一个辅助导轮，两个导轮分别装在各自的超越离合器上，就得到三种叶轮组合的三相变矩器。第一相是四个叶轮全部参与作用，第二相是泵轮、涡轮和第二导轮参与作用，辅助导轮(第一导轮)自由旋转，第三相仅泵轮和涡轮参与作用，两个导轮均自由旋转。各相之间的过渡是作用在两个导轮叶栅上的液力矩方向顺序改变而自动实现。

三相单级液力变矩器的运动学简图、不同工况导轮入口液流的来流方向及其无因次特性见图24.3-7。

三相单级液力变矩器叶栅系统的设计安排：第一导轮叶型的入口角适应转速比在 $0\sim i_x$ 工况区的液流方向，而第二导轮叶型的入口角适应 $i_x\sim i_h$ 工况区的液流方向，因此既保证大的零速变矩系数，又保证高的效率。

三相单级液力变矩器曾经广泛地应用于小轿车和载重汽车，但自20世纪70年代后逐渐被二相单级或单相闭锁液力变矩器所取代。

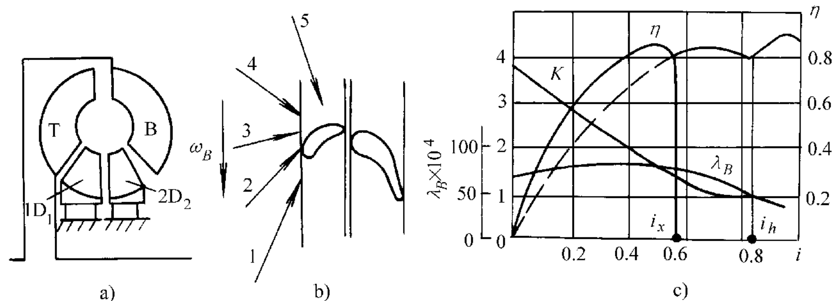


图24.3-7　三相单级液力变矩器
a）运动学简图　b）不同工况导轮叶栅入口来流方向　c）无因次特性
1~5—相应 $i=0$、$i=i_1^*$、$i=i_k$、$i=i^*$ 和 $i=i_h$ 工况的液流方向

1.2.3　闭锁液力变矩器

车辆在公路上行驶时，载荷平稳，没有必要应用液力变矩器，但在平地起步，或在特殊道路上行驶以及为了减小变速器换档冲击和离合器摩滑，就要利用液力变矩器。在这种情况下，为了解决液力变矩器效率低的缺陷，可把它闭锁。

变矩器闭锁时，转速比 $i=1.0$，在此工况下对于轴流导轮装在超越离合器上的向心涡轮液力变矩器，其内部基本上没有能量损失。因此闭锁变矩器得到了广泛应用(图 24.3-1r)。离心涡轮和轴流涡轮液力变矩器在 $i=1.0$ 时的能容大，闭锁时变矩器内部损失大。因此这两类变矩器不可闭锁。只有将输入构件和输出构件闭锁，或同时将泵轮与输入构件、涡轮与输出构件分离(图 24.3-1s)，或将循环圆中的工作液排空，才有实用价值。

车辆上应用的这种变矩器的闭锁或分离通常是借助电液控制系统自动实现，它能随时响应着车速、油门和换档信号的指令。

1.3　可调液力变矩器

在动力机(如异步电动机)转速恒定的情况下，涡轮转速由工作机的载荷所决定。随着载荷的增大，转速降低。在动力机(如内燃机)转速可调的情况下，可以借助调节动力机(泵轮)的转速来调节涡轮(工作机)的转速。在具有并联功率流的场合，要求以任意比例分配各分支的功率流，一支功率的增大要由另一支功率相应地减小来获得。这种情况下，通过调节动力机的转速就无法满足上述要求。因此在动力机不可调或动力机可调但要求协调并联功率流动力的分配场合，需要应用可调液力变矩器。

采用液力变矩器调速较偶合器或滑差离合器经济，因为调速的过程，实际上是传动的调节元件产生滑差的过程，在滑差增大的工况区，变矩器的效率远大于偶合器。可调变矩器的调速范围较宽(3.0 ~ 5.0)，效率较高(0.40 ~ 0.85)。

一般的液力变矩器是不可调的。

1.3.1　调节叶片转角的可调液力变矩器

1）调节涡轮转速　在结构上把某一叶栅的全部叶片设计成可相对内外环同步地回转一转角范围，此转角是可以调节的。通过叶片的转动，改变叶型的安装角及其流道面积，导致改变叶栅出口环量和入口攻角，同时改变循环流量，从而改变变矩器的能容，达到调节涡轮转速的目的。调节导轮叶片安装角的方案应用较多，因为导轮固定不动，在结构上容易实现(图 24.3-1t)。因为泵轮总是处于高速旋转状态(图 24.3-1u)，调节泵轮叶片安装角在结构上比较复杂。

在载荷恒定的设备，如活塞泵、拌合机、挤压机、球磨机、拔丝机、装料机和输送机等广泛地应用这种可调液力变矩器。

如化肥设备中，尿素的合成过程中需要控制二氧化碳和氨基钾酸铵的比例，后者由异步电动机驱动的柱塞泵输送。为了得到所需的比例，钾铵泵的流量要进行调节。为此可在异步电动机和钾铵泵之间装可调变矩器。钾铵泵的工作压力通常为恒压，所以变矩器涡轮轴上的载荷不变。调节可调变矩器的涡轮转速即可调节钾铵泵的流量。

2）控制泵轮转向　液力变矩器叶栅系统在设计时已规定了泵轮的转向，一般是不可逆的。在以电动机换向而回行的场合，要求变矩器在反向运转时不失其正向运转所具有的特性。泵轮和涡轮叶栅具有径向平面形的叶片，而轴流导轮叶栅的翼型叶片可相对内外环回转，有两个可控的极限位置，分别适应泵轮正反向旋转(图 24.3-8)。这样的变矩器具有上述功能，称为双向正转液力变矩器。

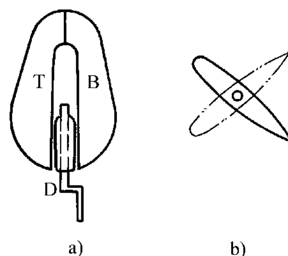


图　24.3-8

1.3.2　调节离合器滑差的可调液力变矩器

1）调节泵轮转速　在液力变矩器的输入端和泵轮之间安装滑差离合器。离合器的主动片与输入构件联接，从动片与泵轮联接，调节离合器的控制油压即可改变离合器主、从动片间的滑差，从而控制泵轮的转速。对于具有并联功率流的场合，辅功率流(如液压泵)的接口应装在滑差离合器的主动构件端(图 24.3-1y)。这种可调液力变矩器结构简单，操纵方便，能够以任意比例向两流(如装载机的行驶系和液压系统)分配动力。

在起重设备和挖泥船上应用离心涡轮可调变矩器时，货物提升、停悬和下放可以借调节泵轮转速实现。提高转速提升货物；在某一转速下，不必使用制动器，货物便可以处于停悬状态；降低转速，货物下降。提升和下降的速度可无级地在某一速度范围内任意调节。提升时利用变矩器的牵引工况区，下降时利

用变矩器的反转制动工况区和以反转涡轮为转子以泵轮和导轮为静子的液力减速区。

2）调节辅泵轮转速　原理与上述调节泵轮转速相似的有双泵轮液力变矩器。把液力变矩器的泵轮沿径向分为两部分，外周部分称为辅泵轮，中心部分称为主泵轮。主泵轮与输入构件联接，主、辅泵轮间安装滑差离合器，借以控制辅泵轮的转速。离合器处于完全分离状态时，辅泵轮空转，仅由主泵轮传递动力，此时能容最小。离合器处于完全接合状态时，主、辅泵轮合二为一，能容最大。离合器处于半结合状态时，主、辅泵轮存在着滑差，辅泵轮转速低于主泵轮，能容处于上述两种极端状况的中间。双泵轮液力变矩器仅用于具有并联功率流的场合。主流（通过变矩器的功率流）功率的调节范围为 $\overline{N}_{Bz}$ ~1.0（$\overline{N}_{Bz}=N_{Bz}/N_{db}$，$N_{Bz}$为主泵轮吸收的功率，$N_{db}$为动力机的标定功率），辅流调节范围为 0~（$1-\overline{N}_{Bz}$）。

双泵轮液力变矩器在大型自行式铲运机和轮式装载机中应用（图 24.3-1z）。

1.3.3　调节排油阀开度的可调液力变矩器

在离心涡轮变矩器循环圆固定不转的部位安装排油阀，调节排油阀的开度便可调节循环圆中的充液率，充液率的改变导致循环流量的改变，从而调节变矩器的能容（图 24.3-1w）。

这种可调变矩器用于小吨位叉车和小型装载机，借以调节两支功率流的分配比例。

1.3.4　调节环形闸板开度的可调液力变矩器

在变矩器循环圆的无叶区设置一个环形闸板（图 24.3-1x），调节环形闸板的开度，即可调节变矩器的循环流量，调节变矩器的能容。

2　液力变矩器的结构和辅助系统

2.1　液力变矩器的结构

根据主机不同的功能以及安装联接布置的要求，液力变矩器有多种结构形式。

2.1.1　单相单级液力变矩器

1）单相单级向心涡轮液力变矩器　单相单级向心涡轮液力变矩器的结构见图 24.3-9。

动力从发动机飞轮通过输入端带有橡胶联结齿的罩盘 4 驱动泵轮 9，动力可分为两流，主流为泵轮泵出液流，将机械能转换为液能，液流驱动涡轮 7，涡轮将液能恢复为机械能，并通过涡轮毂 3、涡轮轴 1、齿轮 15、19、输出轴 17 和输出法兰 18，将动力向传动系的动力换档变速器输出。辅流为泵轮通过泵轮毂 10、齿轮 14、11 和油泵驱动套 12、将动力向液压泵 13 输出。

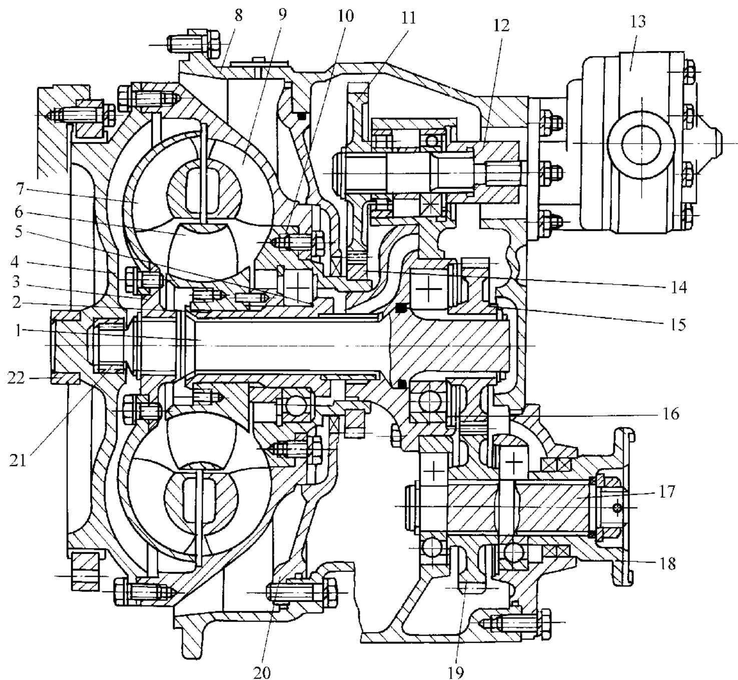


图 24.3-9　单相单级向心涡轮液力变矩器

1—涡轮轴　2—导轮座　3—涡轮毂　4—罩盘　5、16—轴承　6—导轮　7—涡轮　8—壳体　9—泵轮　10—泵轮毂　11、14、15、19—齿轮　12—油泵驱动套　13—液压泵　17—输出轴　18—输出法兰　20—隔盘　21—滚针轴承　22—铜套

变矩器通过罩盘左端轴颈上的铜套 22 与发动机飞轮中心孔的配合与其同心。

罩盘—泵轮组件由轴承 21 和 5 支承。涡轮组件由轴承 21 和 16 支承。轴承 16 轴向固定并承受涡轮的轴向力。轴承 21 为滚针轴承，允许长的涡轮轴由于热胀冷缩所引起的轴向游动。为了减小涡轮的轴向力，在涡轮毂上开有两个卸荷孔，使左右两腔连通，以降低左腔的压力。导轮 6 通过导轮座 2 与壳体 8 联接。

固定件间的密封采用 O 形密封圈。旋转件的密封有两种型式，一种为导轮座与泵轮毂和涡轮轴与导轮座间的密封，采用合金铸铁的活塞环，这种密封允许有少量的泄漏(一般不大于 1～2L/min)。另一种为泵轮毂与隔盘 20 间的密封采用橡胶骨架密封，不允许渗漏。

变矩器内部被工作液循环流动浸润的运动件，借助工作液润滑，齿轮的润滑则是借甩油或经小孔喷射润滑。位于变矩器左右侧上方的油泵驱动轴承则是从变矩器出口冷却器后的油路引出油流进行强制冷却和润滑。

2）单相单级轴流涡轮液力变矩器　单相单级轴流涡轮液力变矩器的结构见图 24. 3-10。

输入轴 1 与涡轮轴 11 之间装置超越离合器 2。提升重物时，输入轴转速超过涡轮轴，超越离合器松脱，变矩器处于牵引工况区运转。重物下降时，发动机油门减小，变矩器后部传动系中的换向器换向，涡轮轴转向不变，由于输入轴转速低于涡轮轴，超越离合器楔紧，涡轮轴驱动发动机曲轴旋转，发动机起排气制动的作用。

补偿油从 *A* 腔进入泵轮 7 的进口处，从导轮 3 的出口处经 *B* 腔排出。

2. 1. 2　二相单级液力变矩器

应用于小轿车的二相单级液力变矩器的结构见图 24. 3-11。内燃机的启动齿圈 1 装在弹性盘 2 上，后者直接联接内燃机曲轴和变矩器的驱动盘 9。泵轮 10 和涡轮 3 采用冲压焊接或冲压镶嵌工艺，适合于大批量生产。导轮 4 为精铸工艺。超越离合器 5 有滚子式和楔块式等多种型式。采用滑动轴承 6、12 和用青铜带材或铜基粉末冶金耐磨材料制成的止推轴承 7、8、11。泵轮与驱动盘采用焊接结构，不可拆卸。补偿泵 13 为内啮合齿轮泵。

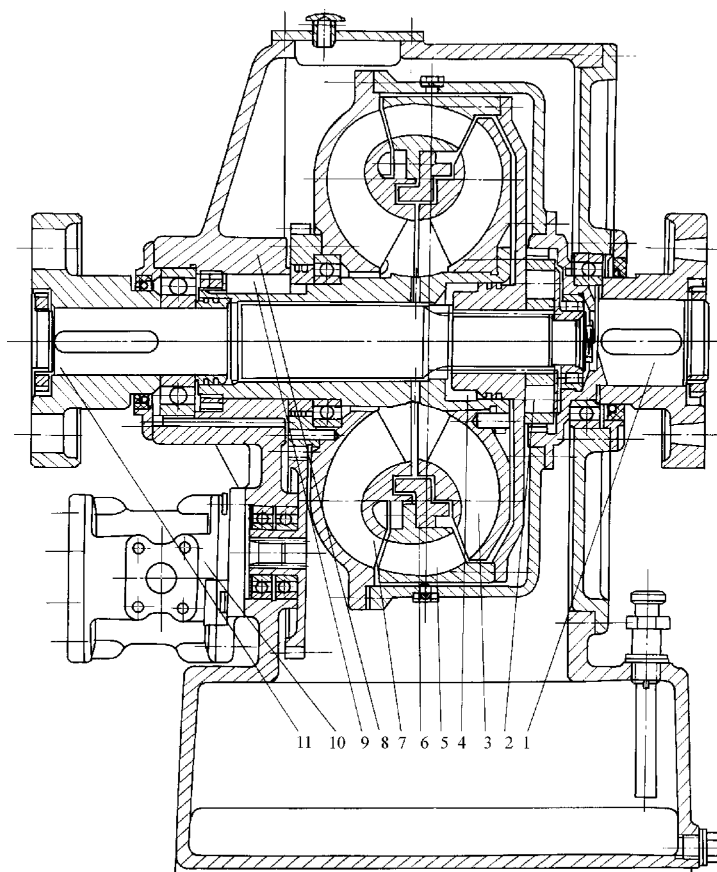


图 24. 3-10　单相单级轴流涡轮液力变矩器
1—输入轴　2—超越离合器　3—导轮　4—导轮座　5—涡轮　6—涡轮迷宫盘　7—泵轮
8—壳体　9—平键　10—油泵　11—涡轮轴

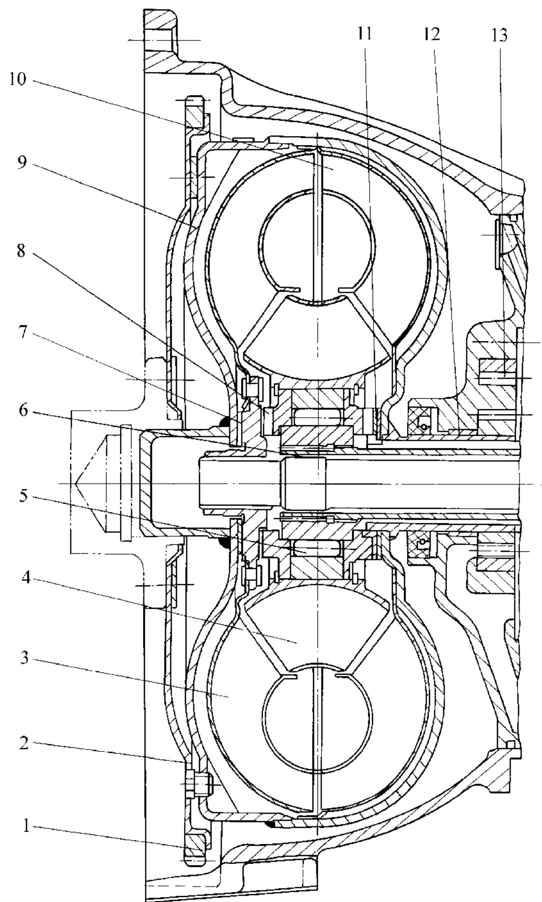


图 24. 3-11　二相单级液力变矩器

1—启动齿圈　2—弹性盘　3—涡轮　4—导轮

5—超越离合器　6、12—滑动轴承

7、8、11—推力轴承　9—驱动盘

10—泵轮　13—内啮合齿轮泵

小吨位叉车上应用的二相单级液力变矩器增加有动力输出口。

2. 1. 3　闭锁液力变矩器

闭锁液力变矩器的结构见图 24. 3-12。导轮 2 装在超越离合器 3 上。闭锁时，液压油从涡轮轴 4 的中心孔导入，推动活塞 5 和摩擦片 6，压紧在支承环 7 上，使涡轮组件 1 和泵轮组件 8 结合为一体，而导轮在液流中自由旋转。

2. 1. 4　导轮叶片可转动的可调液力变矩器

导轮叶片可转动的可调液力变矩器的结构见图 24. 3-13。变矩器为离心涡轮式。导轮第二列叶栅 11 的每个叶片装有一拨叉机构 13，可使每一叶片相对内外环同步地转动，对应叶片转动的每一位置，变矩器有不同的特性。

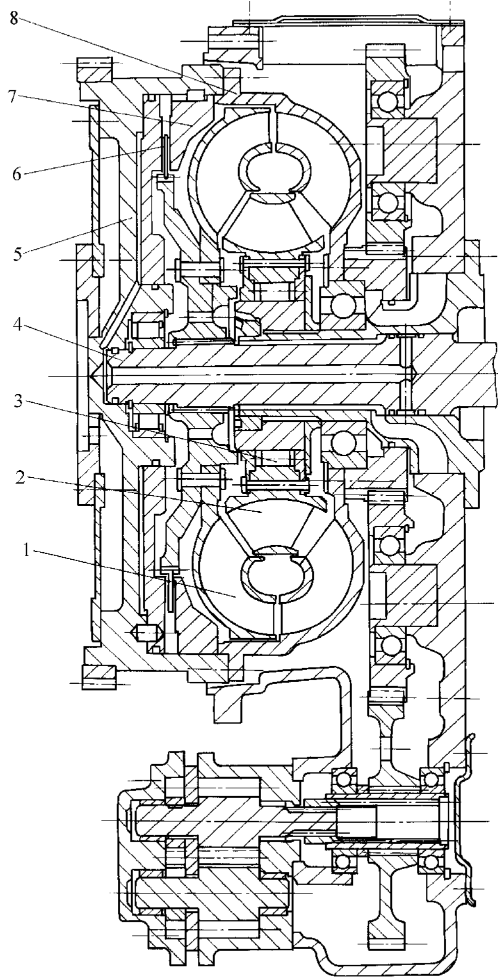


图 24. 3-12　闭锁液力变矩器

1—涡轮组件　2—导轮　3—超越离合器　4—涡轮轴

5—活塞　6—摩擦片　7—支承环　8—泵轮组件

补偿油从泵轮 3 的进口导入，经导轮的第二列叶栅出口处的通道流入 B 腔，然后从 B 腔经导轮第一列叶栅 7 的六个特制叶片上的通孔排出。相对运动件间(E、F、G)采用迷宫式密封。

2. 2　液力变矩器的辅助系统

2. 2. 1　液力变矩器的辅助系统及其功能

液力变矩器辅助系统的功能：

1）补充液力变矩器工作液的泄漏，建立系统压力，防止由于循环圆内腔产生汽蚀而降低性能。

2）引导高温的工作油进入冷却器(热交换器)冷却，保证正常的工作油温。

3）润滑轴承、齿轮、花键和油封等相对运动零件(包括微观颤动)。

4）保证安全。不致因低温起动，油液粘度大，

压力过高而导致叶轮破裂。

5）保持油液清洁。

① 液力变矩器的辅助系统　液力变矩器的辅助系统见图 24. 3-14。图 24. 3-14a 使用最普遍。1 是安全阀，它的开启压力在 0. 8MPa 以上时只起安全的作用，在 0. 5MPa 以下时起调节进入变矩器并导入冷却器流量的作用。变矩器载荷大时，涡轮转速低，泵轮入口压力低，阀 1 关闭，全部流量进入变矩器，增大散热效果；载荷小时，涡轮转速高，泵轮入口压力大，阀 1 开启，部分油液通过它排出。3 为背压阀，由它建立系统的压力(0. 28 ~ 0. 42MPa)。图 24. 3-14c 出口油路没有背压阀，而用阻尼孔 4 及其后的热交换器和润滑阻力建立压力。图 24. 3-14b 进油路没有安全阀。图 24. 3-14d 进口油路与出口油路间接入单向阀 5，载荷大时，进口油路压力低于出口油路，阀 5 开启，部分油液从出口反流入进口，以保持进口所必须的压力。

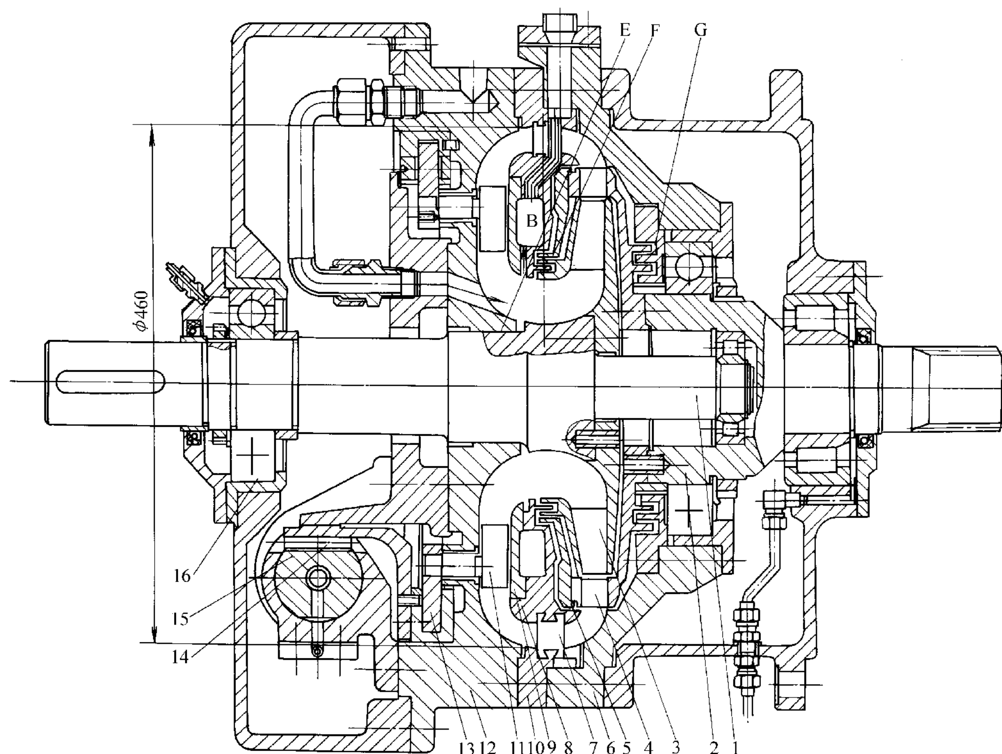


图 24. 3-13　导轮叶片转动的可调液力变矩器

1—泵轮轴　2—涡轮轴　3—泵轮　4—涡轮　5—涡轮迷宫盘　6—右壳体　7—导轮第一列叶栅　8—芯部　9—导轮内环　10—中间壳体　11—导轮第二列叶栅　12—左壳体　13—拨叉机构　14—拨叉齿圈　15—液压伺服油缸活塞　16—轴承　E、F、G—迷宫式密封

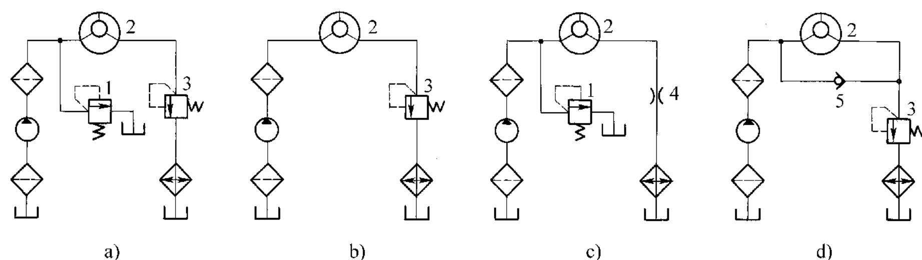


图 24. 3-14　液力变矩器的辅助系统

1—安全阀(溢流阀)　2—液力变矩器　3—背压阀　4—阻尼孔　5—单向阀

闭锁变矩器的辅助系统见图 24. 3-15。压力阀 4 建立闭锁离合器 L_S 所必须的压力。

② 可调液力变矩器的辅助系统　调节泵轮转速的可调变矩器的辅助系统见图 24. 3-16a。5 是手控微动阀，通常把它的手把与制动器踏板机械联锁，踩下踏板，5 开始溢流，滑差离合器 L_n 由于压力降低而

开始打滑，溢流量、油压和打滑响应着踏板的位置。离合器完全分离之后，继续踩下踏板，制动器开始作用。微动阀的特性见图24.3-16b。通过微动阀溢出的油流进入离合器冷却相对滑转的摩擦片。

导轮叶片可转动的可调变矩器的辅助系统见图24.3-17。5为手动伺服阀，通过执行液压缸6转动导轮叶片，从而调节变矩器的能容。

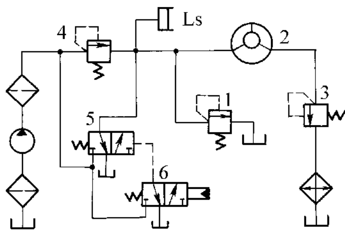
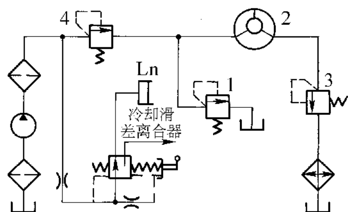
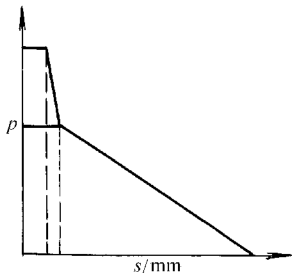


图24.3-15　闭锁液力变矩器的辅助系统



a)



b)

图24.3-16　调节泵轮转速的可调变矩器的辅助系统
a）辅助系统　b）微动阀特性

2.2.2　液力变矩器辅助系统的辅件参数

液压泵吸入口油箱中的滤网精度为400～800μm，通常带有磁铁。进口油路中的精滤器过滤精度一般为25μm，精滤器装有旁通阀和发讯装置，当滤芯堵塞，压力差增大到0.3MPa时发出信号，要求对滤芯进行清洗或更换。自动变速器的辅助系统对油的清洁度要求更高。

变矩器循环圆内部压力由出口的背压阀或出口油路辅件(阻尼孔、热交换器和润滑)的阻力建立。在发动机全油门、涡轮制动的最恶劣情况下，不应低于0.2～0.3MPa，发动机全油门、变矩器空载时为0.4～0.5MPa。

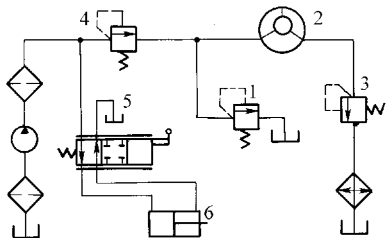


图24.3-17　导轮叶片可转动的可调变矩器的辅助系统

变矩器正常运转油温为70～90℃，连续运转的最高油温可达100℃，间歇的瞬时最高油温允许达120℃。油温过高将加速工作液的氧化沉淀，产生大量泡沫，降低粘度，丧失润滑性，并导致橡胶密封的老化变质。因此系统应有足够的散热能力，以保证变矩器的正常运转。

散热能力应根据变矩器的型式和机器的载荷率确定。闭锁变矩器以及小轿车用的二相单级变矩器经常处于闭锁或偶合工况的高效区运转，发热量少、要求的散热能力也小。单相单级变矩器经常处于变矩工况区运转，发热量大，要求散热能力强。但不同机器其载荷率不同，因而要求散热的能力也不同。一般散热能力按平均30%的标定功率转化为热量来设计。

油箱容量以及液压泵流量的选取与散热能力的要求有关。对于固定设备，油箱可以取液压泵流量(L/min)的3倍以上。对于移动设备，随变矩器型式和机器载荷率不同，油箱容量大致为液压泵流量的15%～60%。而液压泵流量应按每kW散热功率取0.4～1.0L/min。

3　液力变矩器的选型

3.1　液力变矩器的型式和参数选择

传动装置联系着动力机和工作机，不仅传递运动和动力，而且要求协调两者的矛盾。因此液力传动的型式和参数选择必然与动力机的特性和工作机的载荷性质和作业状况密切相关。

大多数液力变矩器，应用在如各类车辆、工程机械和内燃机车等移动式机械上，并且在固定式设备如油田、矿山、地质和化肥等设备中也得到推广应用。

移动式机械中，中小型汽车的动力机以汽油机为主，重型汽车、工程机械和内燃机车的动力机以柴油机为主。室外作业的固定式设备以柴油机为动力，室内以异步电动机为动力。

根据工作机的载荷状况和功能要求，大体可以划分下列四类。

3.1.1　汽车及以运输为主的各类车辆

要求起步平稳，加速性好；换档时动力不中断、无冲击，舒适性好；容易驾驶，改善司机的工作条件，操纵性好并容易实现自动化；液力减速，交通安全性好；有良好的隔离和吸收振动和冲击的功能，可靠性好；能以蠕动的速度稳定行驶，通过性好；前进速度高，倒退仅作为调头没有速度要求等。这类功能要求的各类车辆，可以选用二相单级液力变矩器或闭锁变矩器，配合各种操纵形式和动力范围的变速器。其中小轿车由于功率储备大，道路条件好，动力多为汽油机，力矩储备大。液力变矩器仅在起步加速和换档的过程发挥作用，随着车辆的加速过渡到偶合工况或闭锁，可选择大透穿数($T \geqslant 2.0$)，小零速变矩系数(K_0 = 1.7 ~ 2.2)的液力变矩器。对于公共汽车、旅游车、轻型货车和中重型载重汽车等，液力变矩器仅在起步加速、换档和道路条件差时应用；重型矿用自卸车在头档或二档，液力变矩器还需克服特殊恶劣道路条件行驶。所以可选择透穿数 $T \geqslant 1.4$，零速变矩系数 $K_0 > 2.2$ 的闭锁变矩器。对于要求液力变矩器起液力减速作用的旅游车和公共汽车还可以选择扩展动力范围的外分流或内分流液力机械变矩器(见第 4 章)。变速器各档间传动比的比值，不闭锁的档取 1.6 ~ 1.8，特殊要求的可提高到 2.2 ~ 2.5。既可用变矩器又可闭锁的档取 1.4 ~ 1.6，不用变矩器只闭锁的档取 1.2 ~ 1.4。

3.1.2　工程机械及以作业为主的各类机械

除基本要求与 3.1.1 类似外，还特别要求能够自动适应急剧变化并且周期循环重复作业的载荷；机动性好，前后调头频繁，空载后退的速度甚至较前进速度快；全动力换档，可由任何前进档直接挂到后退档；生产率高，能够边行走边作业，行走和作业的动力分配可以任意调节。这类功能要求的各类工程机械、林业机械等，可以选用单相单级液力变矩器配合 1 ~ 4 档全逆转变速器，也可以选用内分流液力机械变矩器配二档全逆转或前二倒一档的变速器(见第 4 章)。对某些小吨位叉车，由于仅配有换向器，没有变速器，为了满足车速的要求，而选用二相单级变矩器。轮式工程机械可选中小透穿数 $T = 1.1 \sim 1.5$，大中零速变矩系数 $K_0 = 2.6 \sim 3.3$ 的液力变矩器，也可选 $K_0 = 4.0 \sim 6.0$ 的内分流液力机械变矩器。对于履带式工程机械，由于车速低，动力范围不大，且希望司机能感知载荷的变化状况，可选 $T = 1.5 \sim 2.2$，$K_0 = 2.2 \sim 2.6$ 的液力变矩器，也可选用透穿数大的外分流液力机械变矩器(见第 4 章)。

这类机器中凡要求边行走边作业的具有并联动力流的机械，如装载机和叉车，可以选择具有上述参数的可调液力变矩器。

对于石油钻机，钻进时载荷脉动大、冲击强，而且随着井深的增加，载荷增大，脉动和冲击也加剧。要求变矩器有宽的动力范围，大的零速变矩系数和小的透穿数。起下钻时载荷平稳，但载荷变化大，轻载、空载占的时间长。要求变矩器的空载损失小，效率高。可以选择具有上述特性的闭锁变矩器。但为了解决链条可靠的问题，需要限制输出转速，那就要选用改变充液率的可调变矩器或其他可调变矩器。

3.1.3　内燃机车类轨道车辆

内燃机车的特点是功率大，要求恒功率均匀无级地调速。由于其大容量爪牙式换档离合器同步换档及控制复杂，可靠性差，因此不能采用串联机械变速器的方案。但可采用液力换档的多循环圆的液力传动装置。由 2 ~ 3 台液力元件组成，每台液力元件在不同的速度范围运转。低速范围起步运转时，为了得到好的起步加速性能应选用零速变矩系数大的变矩器——起动变矩器。中速或高速范围运转时可采用设计工况转速比大的变矩器或偶合器，即运转液力元件。运转的液力元件充满油，不运转的液力元件排空。换档过程，一台液力元件排油的同时，另一台液力元件充油，动力不会中断。向心涡轮液力变矩器不能满足机车对起动的要求，充排油系统在结构上也难于实现，铸造叶轮尺寸较大高速离心强度不足，而且空间扭曲叶型的加工工艺存在一些问题。因此机车上选用单相单级离心涡轮液力变矩器。起动变矩器的 $K_0 > 5 \sim 6$，负透性，透穿数 $T = 0.8 \sim 0.85$。运转变矩器高效运转工况区内基本不透，$T = 0.95 \sim 1.0$，效率高于 80% 的动力范围 $d_{80} \geqslant 2.2$。

3.1.4　恒载荷调速的设备

载荷接近恒定而要求调速的设备，如活塞泵、搅拌机等，选用可调液力变矩器，如导轮叶片可转动的可调变矩器，经济性较好。

3.2　液力变矩器与动力机的共同工作

液力变矩器与动力机共同工作的动力性和经济性的好坏，决定于两者是否合理匹配。

液力变矩器与动力机的共同工作即动力机与变矩器输入端间力矩或功率的平衡。为此必须了解动力机输进变矩器的输入功率，泵轮和涡轮的特性曲线族。

3.2.1　输入功率

动力机特性曲线有些是不带辅件试验得到的。辅件中风扇功率与转速的三次方成比例，油泵、压气机

与转速的一次方成比例。通常用动力机功率的百分数($k\%$)表示辅件功率。

从动力机功率减去全部辅件功率可得到变矩器的输入功率。

$$P_{1d}=P_d-\sum P_f=f(n_d)$$

功率与转速线性关系时

$$P_{1d}=P_d-k_1P_{db}(n_d/n_{db})$$

功率与转速立方关系时

$$P_{1d}=P_d-k_2P_{db}(n_d/n_{db})^3$$

式中　P_{1d}——动力机输给变矩器的输入功率；

P_d、n_d——相应动力机的功率、转速；

P_{db}、n_{db}——相应动力机的标定功率、转速；

k_1、k_2——百分数，缺乏试验数据时，按 $k_2=(6\sim10)\%$ 估算。

3.2.2　泵轮特性曲线族和涡轮特性曲线族

1）泵轮特性曲线族 $M_B=f(n_B)$ 和涡轮特性曲线族 $M_T=f(n_T)$（参量 i）　以转速比 i 为参量，对应每一 i 值从变矩器的公称特性曲线上查得相应的 $M_{B(1000)}$、K。给出一系列泵轮转速 ${}^1n_B$、${}^2n_B$……，根据式 $M_B=M_{B(1000)}\cdot\left(\frac{n_B}{1000}\right)^2$，$n_T=in_B$ 和 $-M_T=\frac{K}{i^2}M_{B(1000)}\times\left(\frac{n_T}{1000}\right)^2$，计算得到相应的一系列 ${}^1M_B$、${}^2M_B$…，${}^1M_T$、${}^2M_T$……，${}^1n_T$、${}^2n_T$……值。据此作出在某一参量 i 下的泵轮力矩特性曲线和涡轮力矩特性曲线。对应不同参量 i 就得到图 24.3-18 所示的曲线族 $M_B=f(n_B)$ 和 $M_T=f(n_T)$。

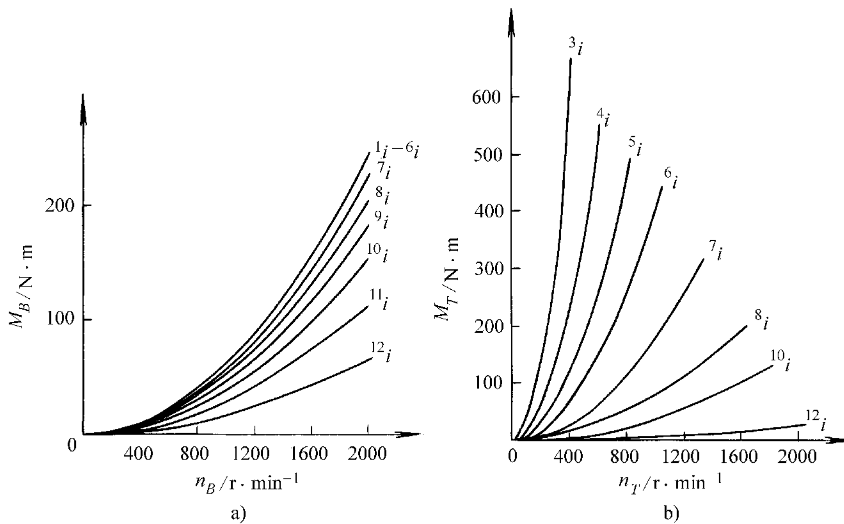


图 24.3-18　力矩特性曲线族(参量 i)

a）泵轮力矩特性曲线族　b）涡轮力矩特性曲线族

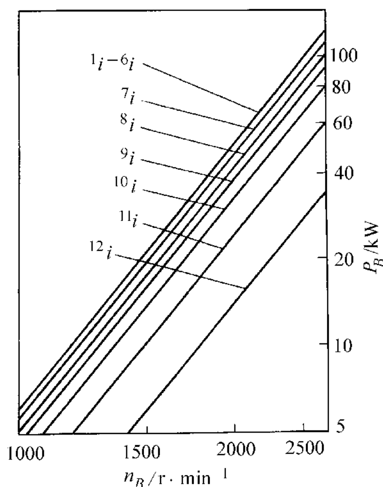


图 24.3-19　泵轮功率特性曲线族(参量 i)

2）泵轮特性曲线族 $P_B=f(n_B)$（参量 i）　与本节1)相同，按 $\ln(P_B)=3\ln\left(\frac{n_B}{1000}\right)+\ln(M_{B(1000)})-2.25654$，计算得到不同参量 i 的以自然对数形式表示的泵轮功率特性曲线族 $N_B=f(n_B)$（图 24.3-19）。

3）泵轮特性曲线族 $M_B=f(n_T)$ 和涡轮特性曲线族 $M_T=f(n_T)$（参量 n_B）　与本节 1）相同，以 n_B 为参量，对应每一 n_B 值，给出一系列转速比 ${}^1i$、${}^2i$……，从公称特性曲线上查得 ${}^1M_{B(1000)}$、${}^2M_{B(1000)}$……，${}^1K$、${}^2K$…值，根据式 $M_B=\frac{M_{B(1000)}}{i^2}\times\left(\frac{n_T}{1000}\right)^2$，$n_T=in_B$ 和 $M_T=\frac{K}{i^2}M_{B(1000)}\left(\frac{n_T}{1000}\right)^2$，可计算得到相应的一系列 ${}^1M_B$、${}^2M_B$…，${}^1n_T$、${}^2n_T$…和 ${}^1M_T$、${}^2M_T$…值，据此作出不同参量 n_B 的泵轮力矩特性曲线族 $M_B=f(n_T)$ 和涡

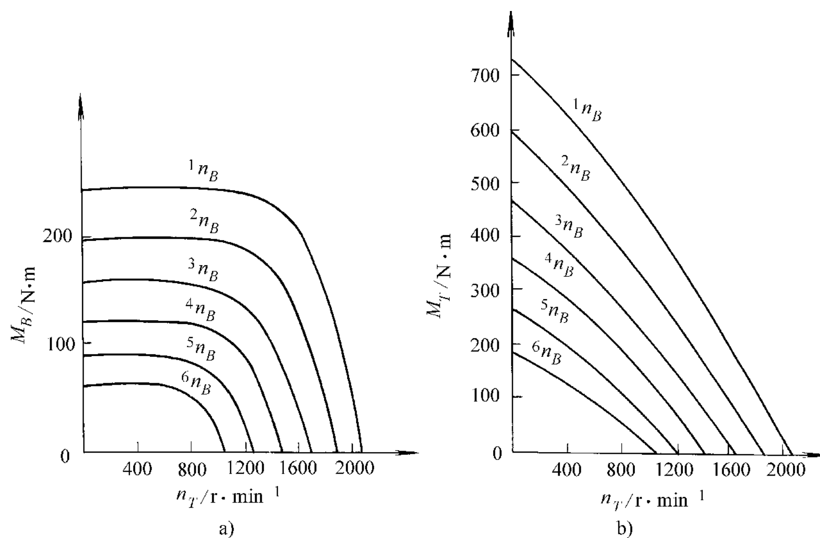


图 24.3-20　力矩特性曲线族(参量 n_B)

a）泵轮力矩特性曲线族　b）涡轮力矩特性曲线族

轮力矩特性曲线族 $M_T=f(n_T)$(图 24.3-20)。这就是第 1 章提到的液力变矩器的通用特性曲线。

3.2.3　液力变矩器有效直径和公称力矩选择

生产厂提供有用双对数坐标表示的变矩器的系列型谱(图 24.3-21)，它是根据变矩器的公称力矩作出的，每一条直线代表一个规格(一组叶栅系统)的变矩器。坐标轴、最大和最小公称力矩线、极限转速和极限力矩线所包络的区间就是一个尺寸系列变矩器的功率范围。

动力机净标定转速和功率落到系列型谱图上的两条相邻直线，就是初选到的变矩器的规格(有效直径和公称力矩)。

3.2.4　液力变矩器和动力机共同工作的输入特性曲线和输出特性曲线

把动力机的净外特性曲线绘到初选的变矩器规格的泵轮特性曲线族 $M_B=f(n_B)$(参量 i)上。动力机净外特性曲线与不同 i 值的泵轮特性曲线的交点就是在稳定状态下的共同工作点，称为共同工作的输入特性(图 24.3-22a)。

查得各交点坐标 M_B、n_B，根据式 $M_T=KM_B$，$n_T=in_B$，计算得到一系列的 M_T、n_T 值。在涡轮特性曲线族 $M_T=f(n_T)$(参量 i)上相应每一 i 值，画出对应(M_T、n_T)的点。连结这些点就得到共同工作的输出特性曲线(图 24.3-22b)。

根据动力机的类型、特性，工作机的载荷性质、作业状况以及下面所介绍的匹配原则，反复上述的计算分析，最终确定变矩器的型号和规格。

3.3　液力变矩器与动力机的匹配

液力变矩器与动力机的匹配原则有下列几个方面：

1）为使车辆起步加速性好，尽量利用动力机的最大力矩，变矩器的零速泵轮力矩曲线应通过动力机的最大力矩点(图 24.3-23)。

2）为使机器有最大的输出功率，变矩器的最高效率泵轮力矩曲线应通过动力机的最大功率的力矩点。

3）为使机器的燃油经济性好，变矩器的最高效率泵轮力矩曲线应通过内燃机的最低比油耗区。

4）其他如环保方面的要求，排污少、噪声小等。

实际上同时满足上述要求是不可能的，因为它们相互间是矛盾的。应根据机器的具体情况和特点，分清主次综合处理。

3.3.1　汽车液力变矩器与内燃机的匹配

小轿车应用大透穿的二相单级液力变矩器，主要运转工况为偶合工况区。偶合区最高效率工况($i_{h\eta}=0.97\sim0.98$)的泵轮力矩抛物线应通过汽油机的净标定功率的力矩点，而零速工况的泵轮力矩抛物线交汽油机净外特性于 $n_{B0}=0.35\sim0.45n_{db}$($n_{db}$为动力机标定转速)的转速(图 24.3-24)。近年来为了减小变矩器尺寸，提高效率，小轿车出现应用闭锁变矩器，这是由于主要运转工况为闭锁，仅从提高起步加速性能考虑，取 $n_{B0}\geqslant n_{dM}$(n_{dM}为动力机最大力矩点的转速)。

对于公共汽车、旅游车、轻型货车和重型公路用汽车等，液力变矩器仅在起步加速、换档和道路条件

差时使用，随着车速的提高自动闭锁。为提高起步加速性，尽量利用内燃机的最大力矩。变矩器和内燃机的匹配点取 $n_{B0} \approx n_{dM}$。

对于重型军用越野汽车和牵引车、重型矿用自卸车等非公路车辆，绝大多数应用单级闭锁液力变矩器。变矩器除起步加速和换档时起作用外，在头档或头二档必须克服特殊恶劣路面条件行驶，必须兼顾起步加速性能和充分发挥内燃机的动力。变矩器和内燃机的匹配点取 $n_{B0} = n_{dM} \sim 0.9n_{db}$，下限值相应透穿数大的，上限值相应透穿数小的液力变矩器。

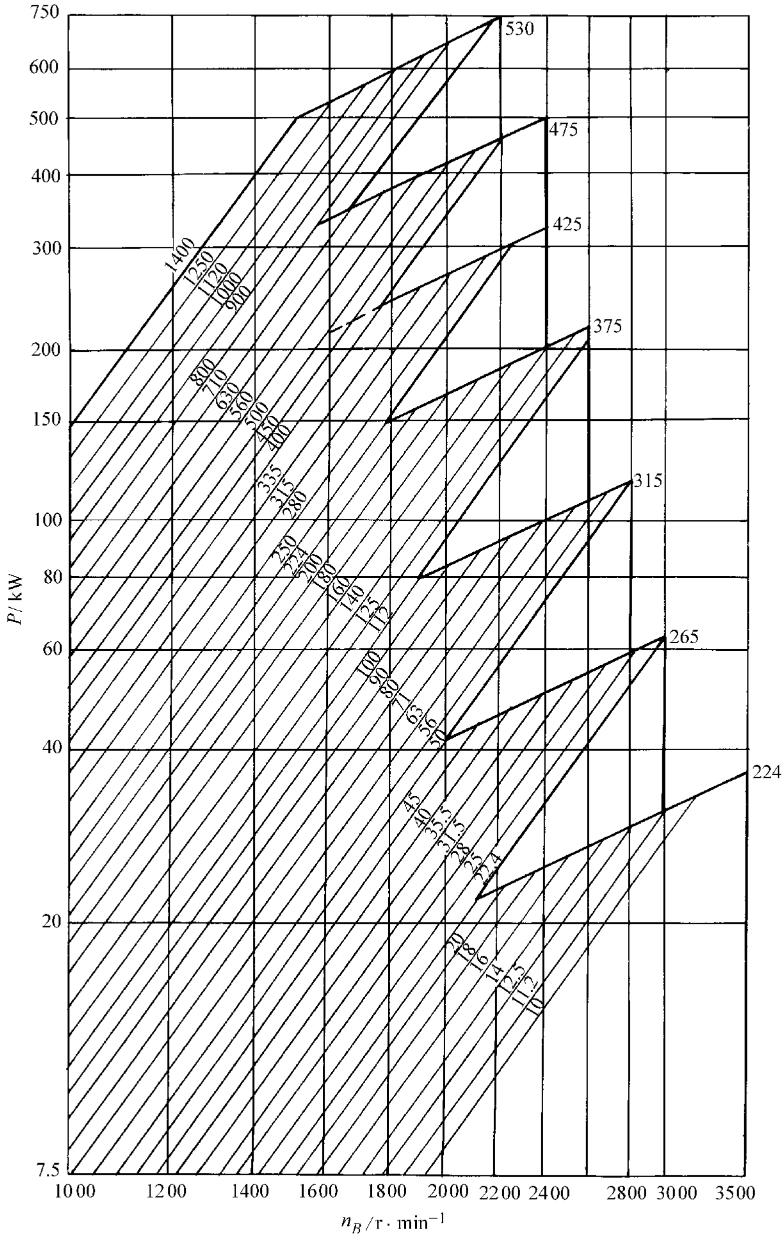


图 24. 3-21　液力变矩器系列型谱图

3.3.2　工程机械液力变矩器与内燃机的匹配

1）轮式装载机的匹配　轮式装载机上液力变矩器并联有提供工作装置动力的液压系统。动力机的功率系按作业所需发挥的最大功率选取，而转移工地行驶时功率有富裕，发动机处于部分载荷下运转。因此液力变矩器与内燃机的匹配容量是根据最高车速的要求选择，而根据作业时内燃机转速的允许下限值校核。

液力变矩器的容量

$$M_{B(1000)1} = 2.653fGv_{\max}/\eta\eta_j(n_{db}/1000)^3$$

变速器1档，传动系的总传动比

$i_{z1}=10^3F_{\max}r_g/K_0M_{B(1000)0}(n_{db}/1000)^2\eta_j$

作业时内燃机全油门转速的允许下限

$n_{do}/n_{db}=\sqrt{(\varphi_M M_{db}-0.1592pQ_g)/K_0M_{B(1000)0}}$

式中　$M_{B(1000)1}$、$M_{B(1000)0}$——相应泵轮转速1000r/min时，$\eta=0.7\sim0.8$（高转速比区）和$i=0$工况泵轮力矩（N·m）；

f——车轮与地面的滚动摩擦系数；

G——机器所受的重力（空载）（kN）；

$v_{\max}$——最高车速（km/h）；

η_j——传动系机械效率；

η——相应最高车速行驶时液力变矩器的效率（$\eta=0.7\sim0.8$）；

i_{z1}——变速器一档，传动系总传动比；

r_g——车轮滚动半径（m）；

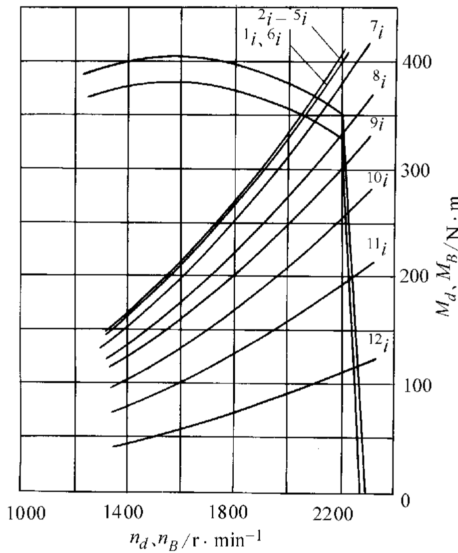
$F_{\max}$——最大牵引力（kN）；

p——工作泵压力（MPa）；

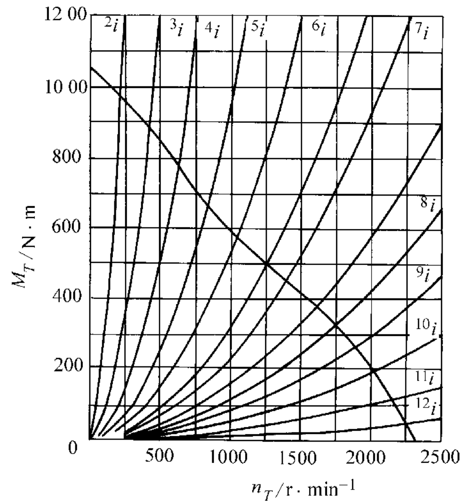
Q_g——工作泵公称流量（L/min）；

$\varphi_M=M_{do}/M_{db}$

n_{do}、M_{do}——相应作业时涡轮零速工况内燃机的转速、力矩。



a)



b)

图24.3-22　液力变矩器和动力机共同工作的特性曲线

a）共同工作的输入特性曲线　b）共同工作的输出特性曲线

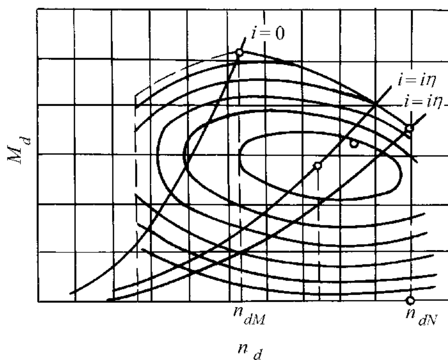


图24.3-23　液力变矩器与动力机的匹配

2）履带推土机的匹配　履带推土机作业所需要的液压系统动力较小，而且在长距离的推土作业中只有短时间调整推土板位置时使用。因此应充分利用内

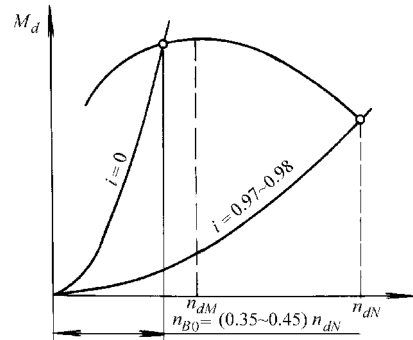


图24.3-24　小轿车二相单级液力变矩器与汽油机的匹配

燃机动力，并考虑推土板堆满土提起时不致于使内燃机熄火。变矩器与内燃机的匹配点取 $n_{B0} \approx 0.8n_{db}$，而 $n_{B\eta}=0.9\sim0.95n_{db}$（$n_{B\eta}$为变矩器最高效率工况泵轮力矩抛物线与内燃机净外力矩曲线的交点转速）。

3）叉车的匹配　小吨位叉车传动系中仅有前进、后退换向器，没有变速器，动力范围全由变矩器与内燃机的匹配来保证。因此应根据最高车速来选择变矩器容量，而根据最大爬坡度的要求校核。

液力变矩器的容量

$$M_{Bh\eta(1000)}=2.653fGv_{max}/\eta_{h\eta}\eta_j(n_{db}/1000)^3$$

传动系总传动比

$$i_z=0.377n_{db}i_{h\eta}r_g/v_{max}$$

满足爬坡度要求的条件

$$K_{(i=0.1)}M_{B(1000)(i=0.1)}(n_{d(i=0.1)}/1000)^2 \geqslant (f+\sin\alpha)Gr_g/i_z\eta_j$$

式中　下标 $i=0.1$——相应该工况变矩器的参数；

下标 $h\eta$——相应变矩器偶合工况区最高效率工况的参数；

α——最大爬坡度。

对于大吨位叉车，变矩器与内燃机的匹配应充分发挥动力机的动力，取 $0.9n_{db} \leqslant n_{B\eta} < n_{db}$。

4）石油钻机的匹配　石油钻机变矩器与内燃机的匹配应保证在正常钻进时能充分发挥内燃机的动力，轻载时有较高的速度，减少辅助工时，取 $n_{B\eta} \approx n_{db}$。

3.4　液力变矩器与动力机匹配的优化

液力变矩器与动力机匹配的优化目标函数，随不同功能要求的机器而异。如对汽车，由于液力变矩器仅在起步加速和换档时起作用，因此优化的目标函数应该是加速度和平均车速。本节仅讨论液力变矩器在整个运转范围内起作用的机器，如工程机械等。

这类液力变矩器与动力机匹配的主要评价指标是动力性和经济性。对于没有并联功率流或它的幅值或时间小到可以忽略不计的情况，动力性优化的目标函数为输出功率的均值 $E(P_T)$，经济性优化的目标函数为单位有效功所消耗的燃油 $E(g_e/\eta)$。而优化的设计变量为各种类型液力变矩器尺寸系列的有效直径和公称力矩。写成优化的形式有：

设计变量

$$X=[D,\lambda_{Bh}]^T$$

目标函数

$$-F_1(X)=E(P_T)$$

$$F_2(X)=E(g_e/\eta)$$

约束条件

$$G_1(X)=v_L-v_{max} \leqslant 0$$

$$G_2(X)=v_{max}-v_U \leqslant 0$$

$$G_3(X)=F_L-F_{max} \leqslant 0$$

$$G_4(X)=F_{max}-F_U \leqslant 0$$

$$G_5(X)=E[g_e/\eta]-\{g_e/\eta\} \leqslant 0$$

$$E(P_T)=\int_{n_{T\min}}^{n_{T\max}} f(n_T)P_T(n_T)dn_T$$

$$E(g_e/\eta)=\int_{n_{T\min}}^{n_{T\max}} f(n_T)g_e/\eta(n_T)dn_T$$

式中　$P_T(n_T)$、$g_e/\eta(n_T)$——分别为液力变矩器与内燃机共同工作的功率和比油耗输出特性；

$f(n_T)$——机器运转期间涡轮转速的概率密度。如按均匀分布则 $f(n_T)=\frac{1}{n_{T\max}-n_{T\min}}$；如按常态分布则$f(n_T)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{\frac{-(n_T-E(n_T))^2}{2\sigma^2}}$；$\sigma$ 为 n_T 的均方差；

v_L、v_U——分别为最高车速的上下限；

F_L、F_U——分别为最大牵引力的上下限；

$\{g_e/\eta\}$——变矩器与内燃机共同工作比油耗的许用值。

讨论的优化为双目标的优化问题。构造复合目标函数

$$-F_3(X)=[E(P_T)]^{\alpha}\cdot[E(g_e/\eta)]^{-(1-\alpha)}$$

指数 α 可以根据设计者从不同侧重角度出发选取。

实际上机器作业时，内燃机不会总是处于最大载荷（最大油门）下运转，根据载荷状况司机要进行干预。这种情况下需要掌握涡轮力矩和涡轮转速的二维概率密度 $f(M_T、n_T)$ 的统计信息，才有可能进行上述匹配的优化。

对于具有并联功率流的场合，除上述信息外，还需要掌握油泵压力分布的统计信息。

4　液力变矩器的产品型号与规格

4.1　单相单级液力变矩器的产品型号与规格

4.1.1　单相单级向心涡轮液力变矩器的产品型号与规格

单相单级向心涡轮液力变矩器的产品型号、技术

规格和外形尺寸见表 24. 3-1。

4. 1. 2　单相单级轴流涡轮和离心涡轮液力变矩器的产品型号与规格

单相单级轴流涡轮和离心涡轮液力变矩器的产品型号、技术规格和外形尺寸见表 24. 3-2。

4. 2　多相单级和闭锁液力变矩器的产品型号与规格

多相单级和闭锁液力变矩器的产品型号、技术规格和外形尺寸见表 24. 3-3。

4. 3　可调液力变矩器的产品型号与规格

可调液力变矩器的产品型号、技术规格和外形尺寸见表 24. 3-4。

4. 4　液力传动装置的产品型号与规格

液力传动装置的产品型号、技术规格和外形尺寸见表 24. 3-5。

表 24. 3-1　单相单级向心涡轮液力变矩器的技术参数

型　号	有效直径 /mm	公称力矩 /N · m	转速 /r · min^{-1}	功率 /kW	特　性	外形尺寸	匹配动力机	应用主机	生　产　厂
YJ26502 YJ_1265 YJ265	265	25	2400	48	见图 24. 3-26	见图 24. 3-25	R4100G、495K	1. 0、1. 5t 装载机	天津鼎盛工程机械有限公司 大连液力机械总厂，浙江临海机械有限公司
YJ280-1	280	31. 5	2400	48	见图 24. 3-28	见图 24. 3-27	495，4102	1. 0，1. 5t 装载机	山推股份公司液力变矩器厂
YJ280-4	280	38	2400	59	见图 24. 3-30	见图 24. 3-29	6105	1. 5、1. 8t 装载机	
TG280-3 YJ280-3	280	46	2400	73	见图 24. 3-32	见图 24. 3-31	LR4105G9A，495K	1. 6，1. 8，2. 0t 装载机；100 马力平地机	天津市琪悦工程机械有限公司
YJ31502A	315	63	2200	88	见图 24. 3-33	见图 24. 3-34	YC6108G 6105	3. 0t 装载机	天津鼎盛工程机械有限公司
YJ31502D	315	63	2200	88	见图 24. 3-33	见图 24. 3-35			
YJ31504	315	63	2200	88	见图 24. 3-36	见图 24. 3-37			
YJ31505	315	63	2200	88	见图 24. 3-39	见图 24. 3-38			
TG315	315	60	2300	81	见图 24. 3-40	见图 24. 3-41	LR6105G9A	3. 0t 装载机	天津市琪悦工程机械有限公司
YJ315	315	60	2300	81	见图 24. 3-40	见图 24. 3-41	LR6105G9A	3. 0t 装载机	徐州集团特种工程机械有限公司 天津市琪悦工程机械有限公司
YJ315	315	60	2300	81	见图 24. 3-43	见图 24. 3-42	LR6108G 6105	3. 0t 装载机	浙江绍兴前进齿轮箱有限公司
YJ315D	315	60	2200	81	见图 24. 3-45	见图 24. 3-44	4125ST5A	3. 0t 装载机	山推股份公司液力变矩器厂
YJ315S	315	58	2200	81	见图 24. 3-47	见图 24. 3-46	YC6108G311		
YJ315X	315	58	2200	81	见图 24. 3-47	见图 24. 3-48	LR6105G6		
YJ320	320	48	2600	73	见图 24. 3-49	见图 24. 3-50	6102	2. 5，3. 0t 装载机	
YJ315J	315	58	2200	81	见图 24. 3-52	见图 24. 3-51	6105	3. 0t 装载机	大连液力机械总厂
YJ355A	355	98	2200	147	见图 24. 3-53	见图 24. 3-54	6135K-9a 6121ZG09	5. 0t 装载机	天津鼎盛工程机械有限公司
YJ355L	355	118	2200	162	见图 24. 3-55	见图 24. 3-56	WD1615	5. 0t 装载机	
TG355	355	128	2200	162	见图 24. 3-57	见图 24. 3-58	WD61567328	5. 0t 装载机；160 马力平地机	天津市琪悦工程机械有限公司
YJ355	355	138	1800	100	见图 24. 3-59	见图 24. 3-60	6BT	130 马力推土机	山推股份公司液力变矩器厂
YJ375A	375	155	2200	147	见图 24. 3-62	见图 24. 3-61	WD615. 67G3	5. 0t 装载机	
YJ37508	375	150	2100	147	见图 24. 3-63	见图 24. 3-64	6135K-13	5. 0t 装载机；轮式压路机	天津鼎盛工程机械有限公司

（续）

型 号	有效直径/mm	公称力矩/N·m	转速/r·min⁻¹	功率/kW	特 性	外形尺寸	匹配动力机	应用主机	生 产 厂
YJ380	380	190	1850	122	见图 24.3-66	见图 24.3-65	WD615	TY160 推土机	山推股份公司液力变矩器厂
TY165A	380	190	1850	122	见图 24.3-68	见图 24.3-67	WD615T13C	TY160A 推土机	中船重工第711研究所液力变矩器分厂
TY185	380	150	1950	136	见图 24.3-70	见图 24.3-69	M11-C225 C6121ZG02	TY185， TY220 推土机	
966D	367	112	2200	147	见图 24.3-72	见图 24.3-71	CAT3306	5.0t 装载机	成都工程机械总厂液力变矩器厂
980C	397	180	2100	200	见图 24.3-74	见图 24.3-73	CAT3406	8.0t 装载机	
YJ409	409	280	1800	162	见图 24.3-76	见图 24.3-75	NT855-C280	220 马力推土机	山推股份公司液力变矩器厂
TY220	409	280	1800	162	见图 24.3-77	见图 24.3-75	NT855-C280	220 马力推土机	中船重工第711研究所液力变矩器分厂
YJ409 （TY230）	409	260	2000	169	见图 24.3-78	见图 24.3-75		230 马力推土机	内蒙第一机械制造(集团)公司第四分公司 天津市琪悦工程机械有限公司
YJ435	435	368	2000	235	见图 24.3-79	见图 24.3-80	NT855-C360	320 马力推土机	山推股份公司液力变矩器厂
TY320	435	368	2000	235	见图 24.3-81	见图 24.3-80	NT855-C360	320 马力推土机	中船重工第711研究所液力变矩器分厂
936	332	71	2200	92	见图 24.3-83	见图 24.3-82	CAT3304	4.0t 装载机	成都工程机械总厂液力变距器厂
518	332	90	2200	96	见图 24.3-85	见图 24.3-84	CAT3304	林业集材机	
YB355A	355	63	2200	80	见图 24.3-87	见图 24.3-86	6105G4	3.0t 装载机	浙江临海机械有限公司
YJ670	670	2580	1500	1000	见图 24.3-88		12V190 8V190	石油钻机	济南柴油机厂液力传动事业部

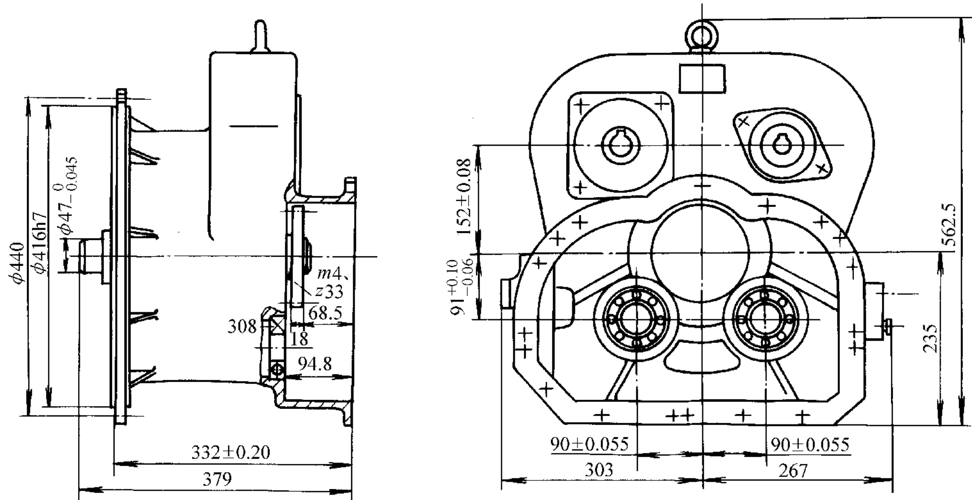


图 24.3-25 YJ26502、YJ$_1$265、YJ265 液力变矩器

i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.35	0	24.7
0.1	2.92	0.292	25.5
0.2	2.50	0.500	26.2
0.3	2.17	0.650	26.5
0.4	1.838	0.735	26.8
0.5	1.59	0.795	26.3
0.6	1.383	0.830	25.7
0.65	1.288	0.837	25.2
0.7	1.186	0.830	24.4
0.79	1.00	0.790	22.0
0.81	0.975	0.780	21.6
0.9	0.706	0.635	15.7
0.99	0.36	0.36	8.0

试验转速/r·min^{-1}　2000

工作油牌号　6 号液力传动油

试验油温/℃　92

试验单位　天津工程机械研究院

图 24.3-26　YJ26502、YJ_1265、YJ265 液力变矩器公称特性

图 24.3-27　YJ280-1C 液力变矩器

试验转速：　1500r/min

工作液牌号：　06号液力传动油

试验油温：　95℃

试验单位：　山推股份公司传动实验室

i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.7	0	29.8
0.1	3.04	30.7	32
0.2	2.53	51.2	34.2
0.3	2.13	64.8	35.7
0.4	1.82	72.3	36.5
0.44	1.7	75	36.6
0.5	1.56	77	36.6
0.6	1.35	80.5	36.3
0.65	1.24	80.9	35.7
0.7	1.14	79.8	34.9
0.8	0.93	75	31.1
0.9	0.71	65	21.7
1	0.25	24.3	6.8

图 24.3-28　YJ280-1 液力变矩器公称特性

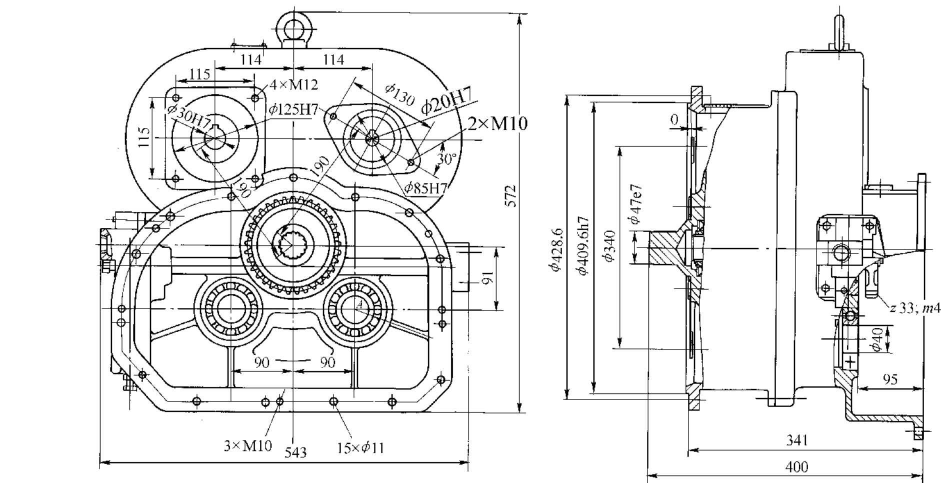
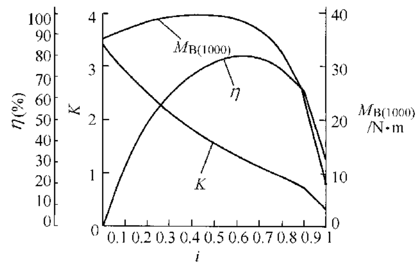


图 24. 3-29　YJ280-4 液力变矩器



试验转速：　　1500r/min
工作液牌号：　06号液力传动油
试验油温：　　95℃
试验单位：　　山推股份公司传动实验室

i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N · m
0	3. 43	0	35. 2
0. 1	2. 92	29. 2	36. 8
0. 2	2. 5	48. 5	38. 4
0. 3	2. 12	62. 5	39. 4
0. 4	1. 82	71. 5	39. 7
0. 46	1. 66	75	39. 8
0. 5	1. 55	77	39. 6
0. 6	1. 32	80	38. 9
0. 64	1. 23	80. 2	38. 3
0. 7	1. 12	79. 5	36. 9
0. 78	0. 97	75	33. 6
0. 8	0. 94	73. 6	32. 5
0. 9	0. 73	63. 8	25. 1
1	0. 33	31	7. 7

图 24. 3-30　YJ280-4 液力变矩器公称特性

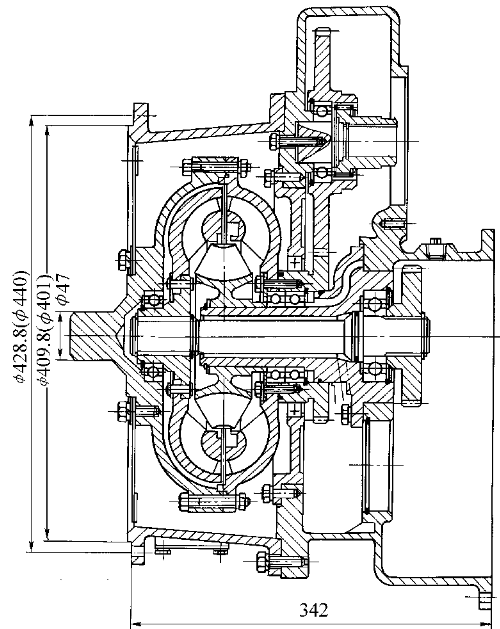
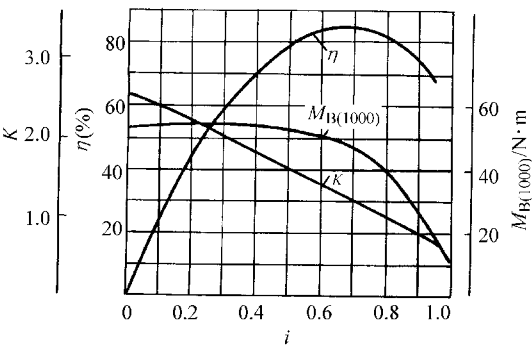


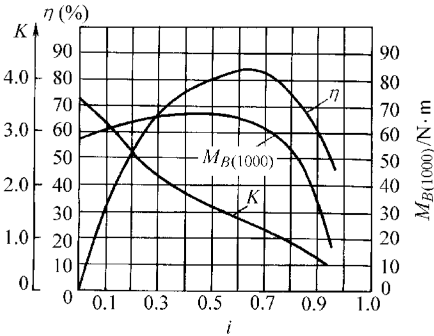
图 24. 3-31　TG280-3 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.54	0	52.7
0.1	2.39	0.239	53.5
0.2	2.20	0.440	54.2
0.3	2.006	0.603	54.3
0.4	1.792	0.717	53.7
0.5	1.578	0.789	52.2
0.6	1.392	0.835	49.7
0.7	1.214	0.850	46.2
0.75	1.123	0.842	44.0
0.8	1.026	0.821	39.2
0.85	0.928	0.789	32.8
0.9	0.829	0.746	26.1
0.95	0.707	0.672	18.3

试验转速/r·min⁻¹	2000
工作油牌号	6 号液力传动油
试验油温/℃	90
试验单位	天津工程机械研究院

图 24.3-32　TG280-3 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.65	0	58.1
0.1	3.18	0.318	60.5
0.2	2.67	0.534	64.2
0.3	2.24	0.672	66.0
0.39	1.92	0.750	66.5
0.5	1.60	0.800	66.5
0.6	1.38	0.828	65.0
0.65	1.28	0.832	64.0
0.7	1.18	0.826	62.0
0.772	1.00	0.772	56.7
0.797	0.94	0.750	54.3
0.9	0.67	0.603	32.5
0.95	0.49	0.466	17.3

试验转速/r·min⁻¹	2000
工作油牌号	6 号液力传动油
试验油温/℃	90～120
试验单位	天津工程机械研究院

图 24.3-33　YJ31502A 液力变矩器公称特性

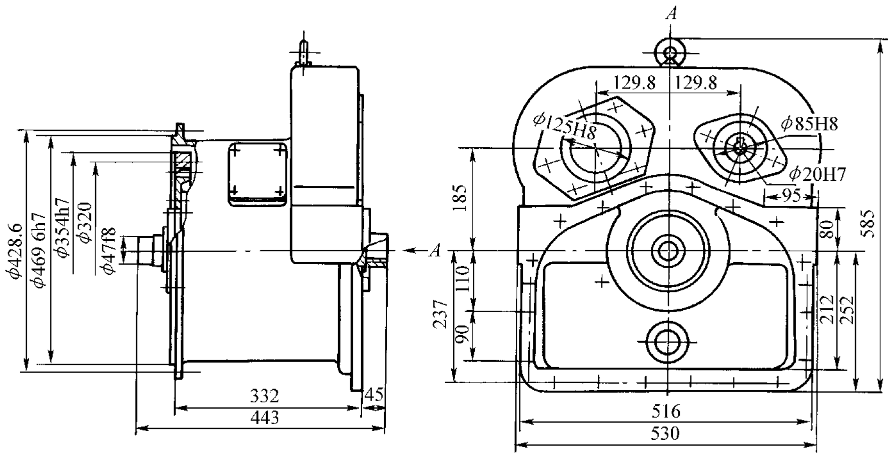


图 24.3-34　YJ31502A 液力变矩器

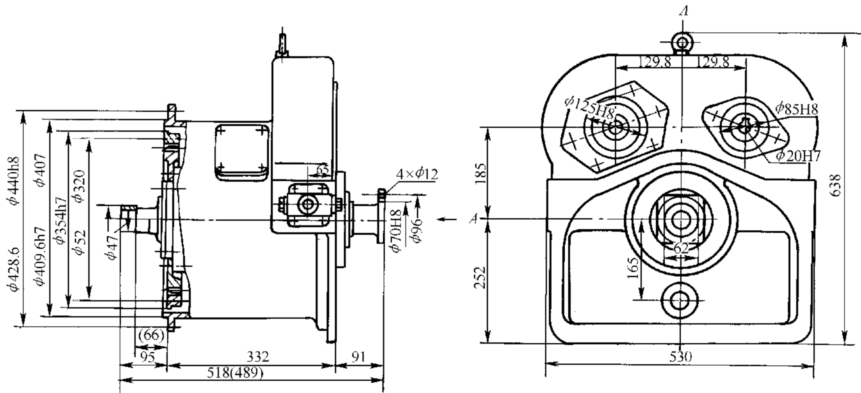
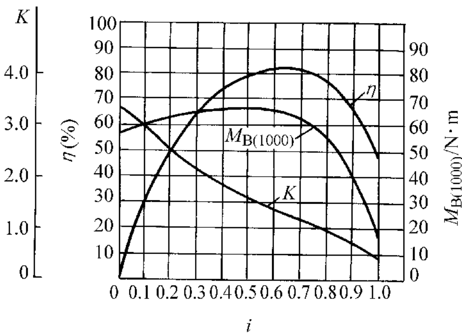


图 24. 3-35 YJ31502D 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3. 34	0	56. 9
0. 1	2. 97	0. 297	60. 0
0. 2	2. 54	0. 508	63. 0
0. 3	2. 18	0. 654	64. 6
0. 412	1. 82	0. 750	66. 0
0. 5	1. 58	0. 790	66. 5
0. 6	1. 36	0. 816	65. 5
0. 67	1. 23	0. 824	64. 0
0. 75	1. 08	0. 810	60. 5
0. 785	1. 00	0. 785	57. 5
0. 833	0. 90	0. 750	52. 3
0. 9	0. 74	0. 666	39. 2
1. 0	0. 47	0. 47	17. 5

试验转速/r·min^{-1}	2000
工作油牌号	6 号液力传动油
试验油温/℃	90～120
试验单位	天津工程机械研究院

图 24. 3-36 YJ31504 液力变矩器公称特性

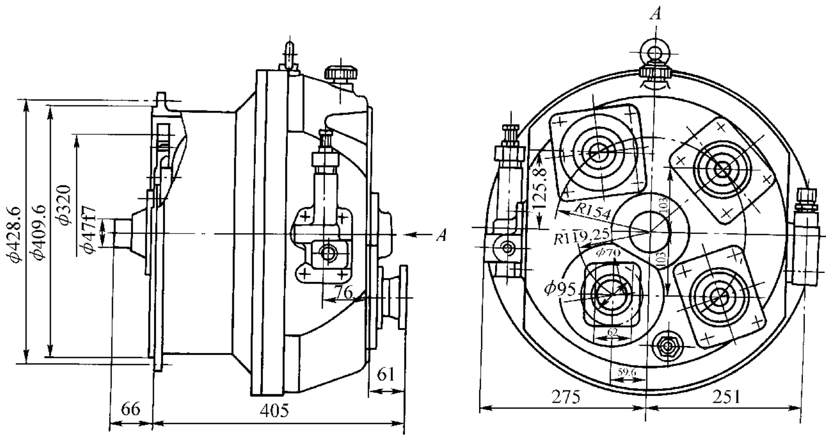


图 24. 3-37 YJ31504 液力变矩器

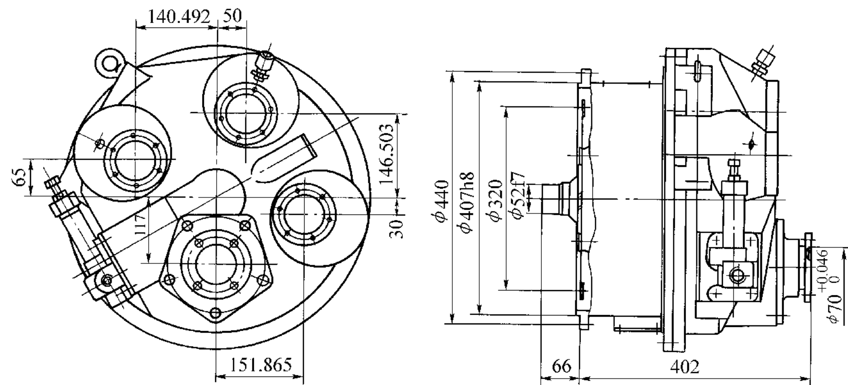
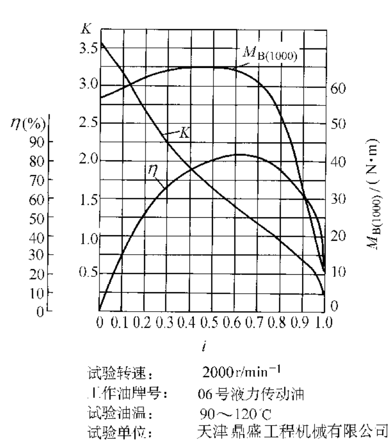
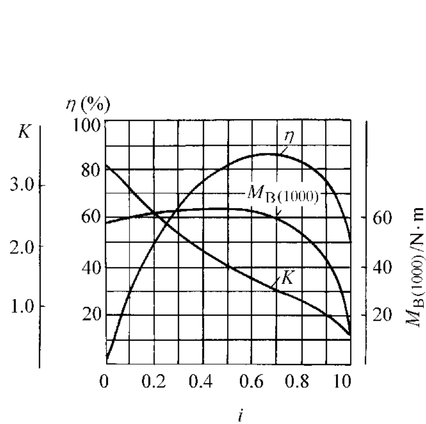


图 24. 3-38　YJ31505 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N · m
0	3. 55	0	56. 5
0. 1	3. 15	0. 315	59. 3
0. 2	2. 63	0. 526	62. 2
0. 3	2. 235	0. 671	64. 2
0. 39	1. 923	0. 75	65
0. 45	1. 744	0. 785	65
0. 5	1. 614	0. 807	65
0. 625	1. 33	0. 831	63. 3
0. 7	1. 172	0. 82	60. 8
0. 778	1	0. 778	54. 3
0. 805	0. 932	0. 75	61
0. 85	0. 82	0. 697	44
0. 9	0. 694	0. 625	32
0. 95	0. 56	0. 532	21
0. 995	0. 25	0. 249	11. 5

图 24. 3-39　YJ31505 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N · m
0	3. 29	0	56. 9
0. 1	2. 90	0. 290	59. 9
0. 2	2. 52	0. 504	61. 5
0. 3	2. 172	0. 652	62. 6
0. 4	1. 875	0. 750	63. 0
0. 5	1. 632	0. 816	62. 7
0. 6	1. 420	0. 852	61. 6
0. 67	1. 284	0. 860	60. 0
0. 7	1. 221	0. 855	59. 0
0. 75	1. 213	0. 842	57. 0
0. 8	1. 028	0. 822	53. 8
0. 85	0. 927	0. 788	49. 3
0. 9	0. 817	0. 735	42. 0
0. 95	0. 684	0. 650	31. 3

试验转速/r · min⁻¹	2000
工作油牌号	6 号液力传动油
试验油温/℃	90
试验单位	天津工程机械研究院

图 24. 3-40　TG315、YJ315 液力变矩器公称特性

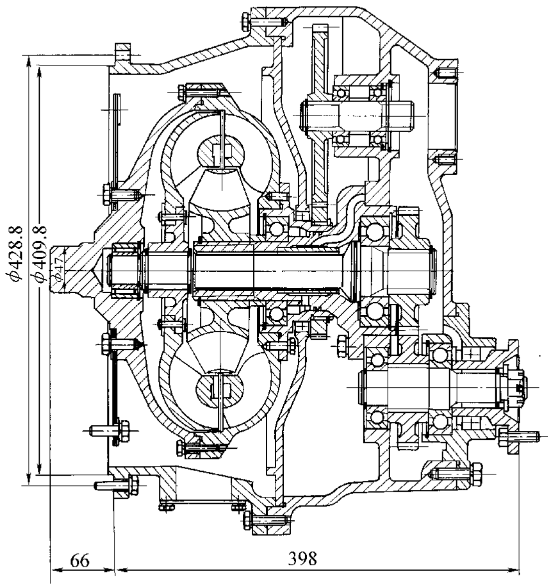


图 24. 3-41 TG315 液力变矩器

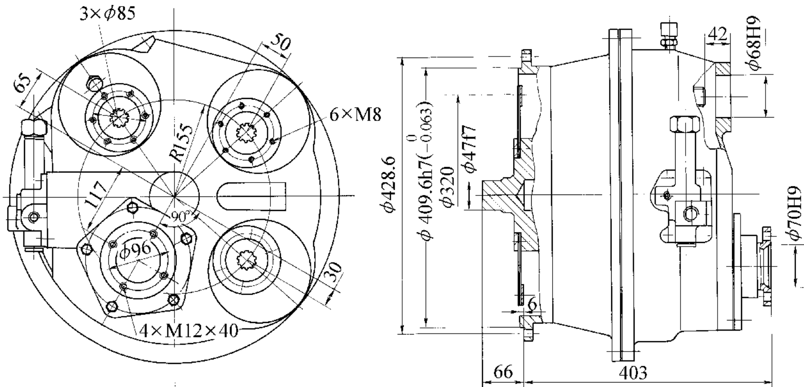
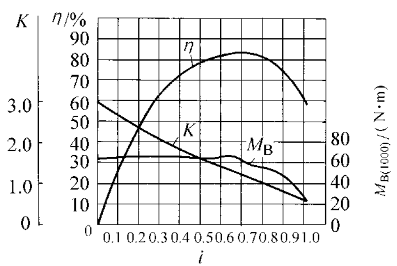


图 24. 3-42 YJ315 液力变矩器



试验转速： 2000r/min
工作油牌号： 8号液力传动油
试验油温： 90℃
试验单位： 天津工程机械研究院

i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N · m
0	2. 93	0	63. 27
0. 08	2. 69	0. 21	64. 36
0. 16	2. 48	0. 39	65. 05
0. 25	2. 21	0. 56	65. 57
0. 36	1. 93	0. 69	65. 58
0. 46	1. 67	0. 77	65. 15
0. 56	1. 45	0. 81	64. 08
0. 66	1. 27	0. 83	66. 23
0. 71	1. 18	0. 834	60. 81
0. 80	1. 00	0. 80	55. 60
0. 90	0. 82	0. 74	47. 02
1. 01	0. 57	0. 58	23. 61

图 24. 3-43 YJ315 液力变矩器的公称特性

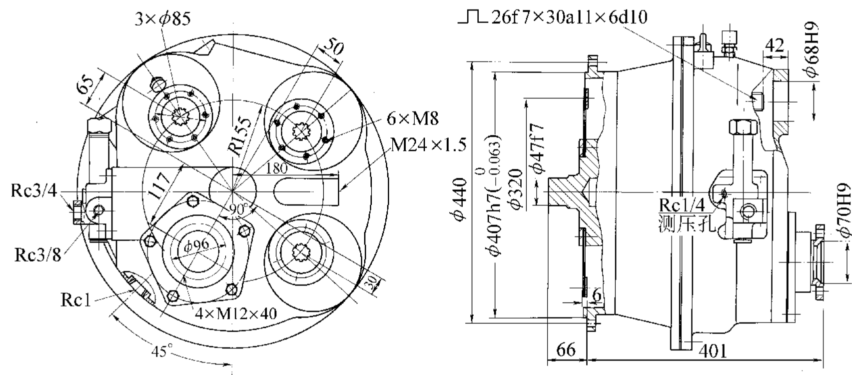
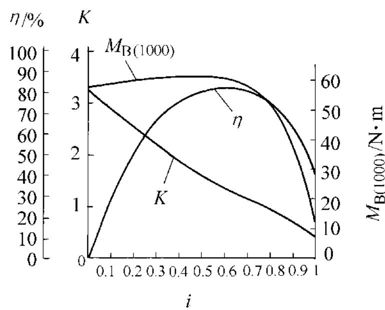


图 24.3-44　YJ315D 液力变矩器



试验转速：　2200r/min
工作油牌号：　6号液力传动油
试验油温：　95℃
试验单位：　山推股份公司传动试验室

i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.23	0	57.5
0.1	2.9	29.5	59
0.2	2.56	51	60
0.3	2.22	66.7	60.5
0.395	1.905	75	61
0.5	1.6	80	61.5
0.6	1.36	82.5	60.07
0.625	1.305	83	60.05
0.7	1.16	81.5	58.7
0.8	0.94	75	53.5
0.9	0.72	65.1	40
1	0.4	39	12.5

图 24.3-45　YJ315D 液力变矩器公称特性

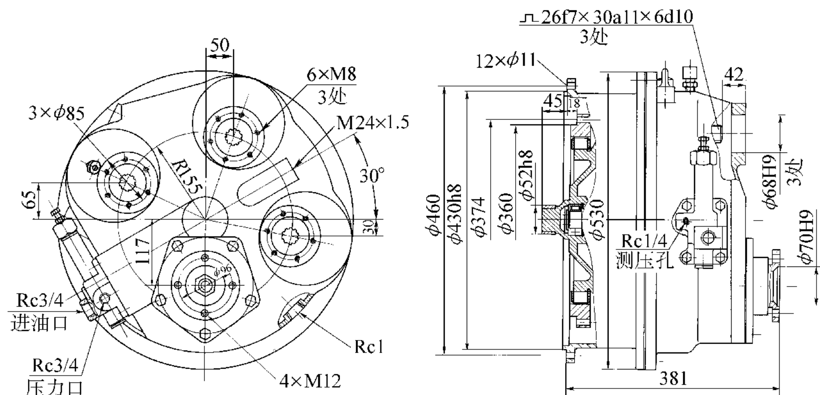
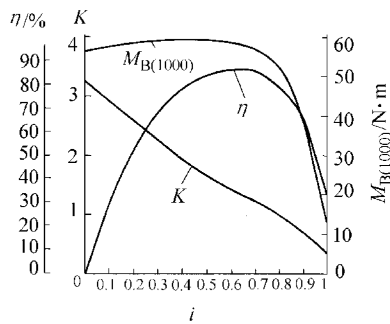


图 24.3-46　YJ315S 液力变矩器



试验转速： 2200r/min
工作油牌号： 6号液力传动油
试验油温： 95℃
试验单位： 山推股份公司传动试验室

i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.274	0	56.5
0.1	2.931	29.33	57.6
0.2	2.62	52.49	58.7
0.3	2.286	68.79	59.3
0.359	2.094	74.97	59.6
0.4	1.962	78.6	59.6
0.5	1.68	83.8	59.6
0.6	1.43	86.11	58.8
0.66	1.31	86.47	58
0.7	1.226	85.93	57.1
0.8	0.981	78.45	52.6
0.835	0.896	74.95	49.5
0.9	0.741	66.72	39.5
1	0.332	33.39	12.9

图 24.3-47 YJ315S，YJ315X 液力变矩器公称特性

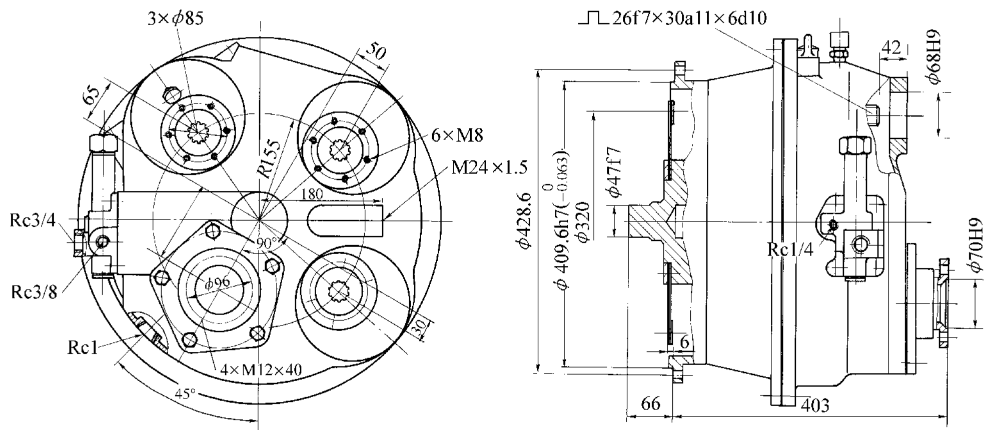
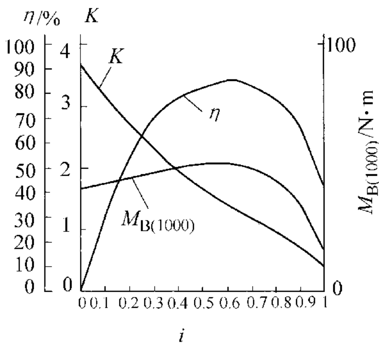


图 24.3-48 YJ315X 液力变矩器



i	K	η (%)	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.66	0	40.7
0.1	3.164	31.33	42.9
0.2	2.74	54.8	44.8
0.3	2.336	70.07	47.0
0.349	2.135	74.53	48.2
0.4	1.962	78.27	49.0
0.5	1.651	82.36	51.1
0.6	1.424	85.28	50.2
0.65	1.318	85.67	50.0
0.7	1.192	83	49.0
0.8	0.97	77.9	45.1
0.85	0.869	73.83	41.2
0.9	0.74	66.9	35.0
1	0.431	43.07	16.4

试验转速： 2000r/min
工作油牌号： 6号液力传动油
试验油温 95℃
试验单位 山推股份公司传动试验室

图 24.3-49 YJ320 液力变矩器公称特性

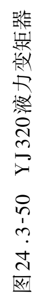


图24.3-50　YJ320液力变矩器

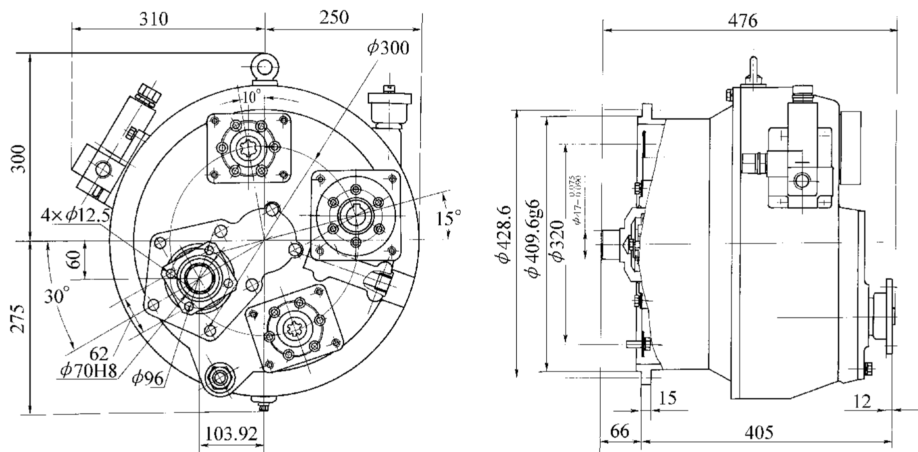
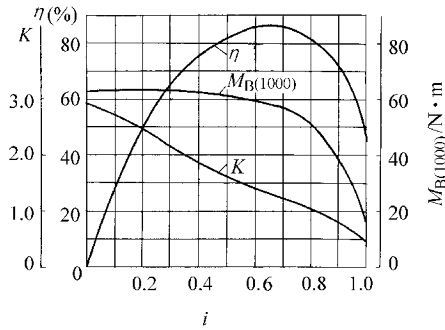


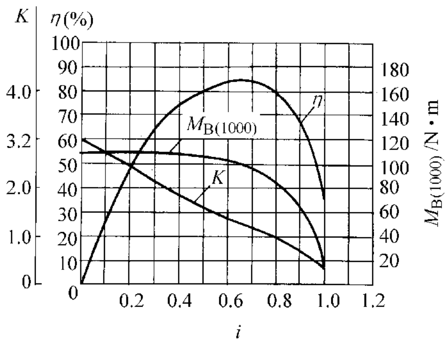
图 24. 3-51　YJ315J 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2. 92	0	62. 5
0. 1	2. 72	0. 272	62. 8
0. 2	2. 465	0. 493	63. 0
0. 3	2. 160	0. 648	62. 7
0. 4	1. 883	0. 753	62. 1
0. 5	1. 634	0. 817	61. 1
0. 6	1. 428	0. 857	59. 6
0. 66	1. 311	0. 865	57. 6
0. 7	1. 226	0. 858	56. 8
0. 8	1. 02	0. 816	51. 3
0. 809	1. 00	0. 809	50. 5
0. 9	0. 798	0. 718	38. 2
0. 95	0. 665	0. 632	29. 3
1. 0	0. 45	0. 45	16. 8

试验转速/(r/min)　2000
工作油牌号　6 号液力传动油
试验油温/℃
试验单位　天津工程机械研究院

图 24. 3-52　YJ315J 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0. 000	2. 960	0. 000	109. 23
0. 100	2. 745	0. 275	108. 57
0. 200	2. 472	0. 494	108. 15
0. 300	2. 150	0. 645	108. 64
0. 400	1. 857	0. 743	108. 28
0. 409	1. 834	0. 750	108. 14
0. 500	1. 606	0. 803	105. 67
0. 600	1. 397	0. 838	102. 79
0. 663	1. 279	0. 848	99. 84
0. 700	1. 204	0. 843	97. 33
0. 794	1. 000	0. 794	86. 81
0. 800	0. 988	0. 790	85. 86
0. 843	0. 890	0. 750	77. 73
0. 900	0. 757	0. 681	60. 96
1. 000	0. 350	0. 350	20. 13

试验转速/r·min^{-1}　1800
工作油牌号　6 号液力传动油
试验油温/℃　90 ~ 120
试验单位　天津工程机械研究院

图 24. 3-53　YJ355A 液力变矩器公称特性

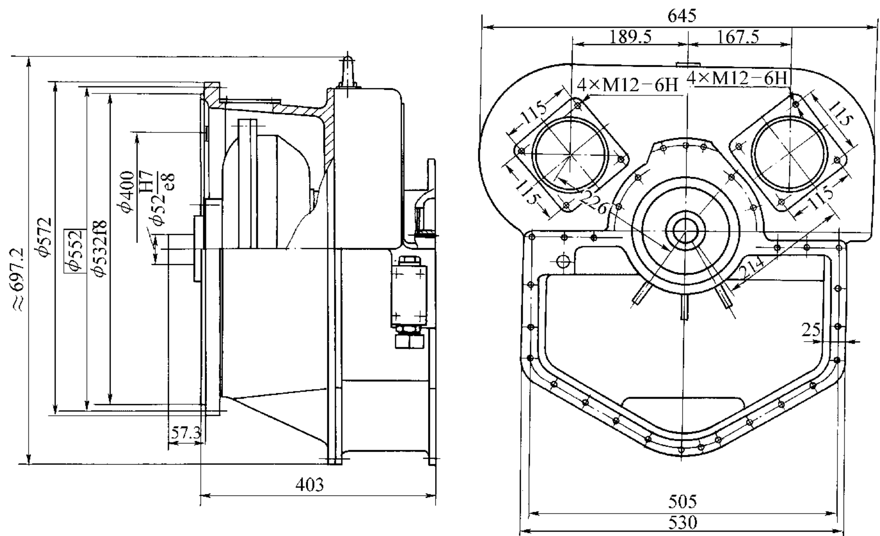
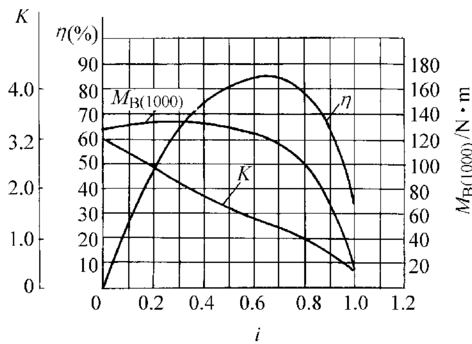


图 24.3-54　YJ355A 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0.000	2.983	0.000	127.87
0.100	2.726	0.273	130.22
0.200	2.421	0.484	133.10
0.300	2.132	0.640	134.64
0.400	1.868	0.747	132.85
0.403	1.861	0.750	132.71
0.500	1.629	0.815	128.19
0.600	1.412	0.847	124.02
0.668	1.280	0.855	120.35
0.700	1.221	0.854	118.82
0.800	1.000	0.800	102.33
0.846	0.887	0.750	90.70
0.900	0.750	0.675	70.48
1.000	0.361	0.361	21.98

试验转速/r·min^{-1}	1800
工作油牌号	6 号液力传动油
试验油温/℃	90~120
试验单位	天津工程机械研究院

图 24.3-55　YJ355L 液力变矩器公称特性

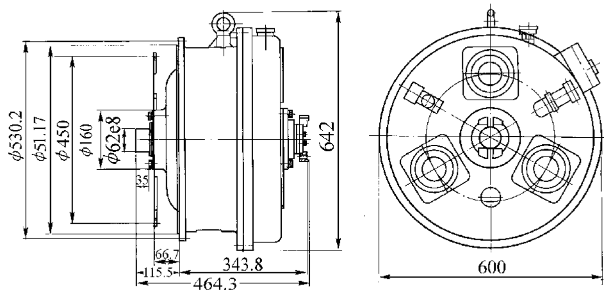
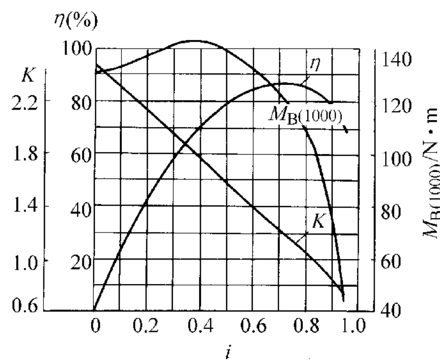


图 24.3-56　YJ355L 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	2.48	0	131.3
0.1	2.31	0.231	133.4
0.2	2.13	0.426	137.7
0.3	1.95	0.585	141.4
0.4	1.775	0.710	142.8
0.5	1.588	0.794	140.1
0.6	1.402	0.841	133.4
0.7	1.234	0.864	123.4
0.75	1.157	0.868	127.5
0.8	1.070	0.856	110.0
0.85	0.968	0.823	96.6
0.9	0.858	0.772	73.0
0.95	0.718	0.682	43.5

试验转速/r·min^{-1}	2000
工作油牌号	6号液力传动油
试验油温/℃	90
试验单位	天津工程机械研究院

图24.3-57 TG355液力变矩器公称特性

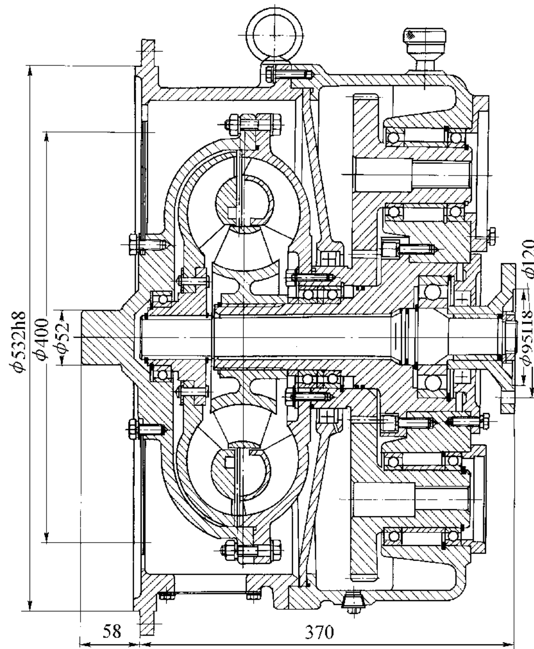
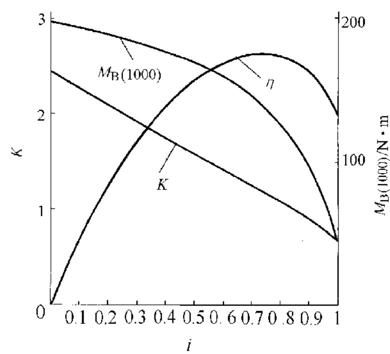


图24.3-58 TG355液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	2.439	0	197.7
0.1	2.278	22.76	193.4
0.2	2.1	42.04	188.5
0.3	1.911	57.32	183.1
0.4	1.737	69.54	176.3
0.455	1.647	75	172
0.5	1.572	78.61	169
0.6	1.41	84.53	159.7
0.7	1.247	87.31	144.8
0.733	1.193	87.45	139.6
0.8	1.081	86.52	127.1
0.9	0.908	81.74	97.3
0.949	0.806	75	74.8
1	0.658	65.8	44.2

试验转速:	1500r/min
工作油牌号:	6号液力传动油
试验油温:	95℃
试验单位:	山推股份公司传动试验室

图24.3-59 YJ355液力变矩器公称特性

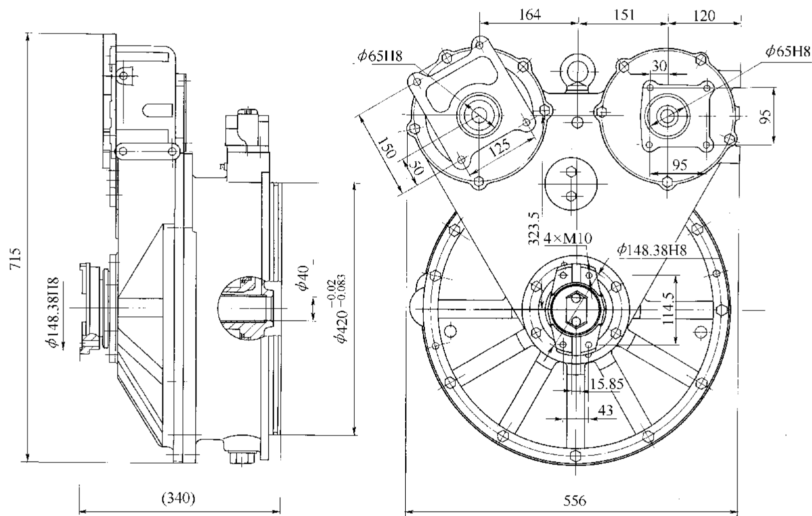


图 24. 3-60　YJ355 液力变矩器

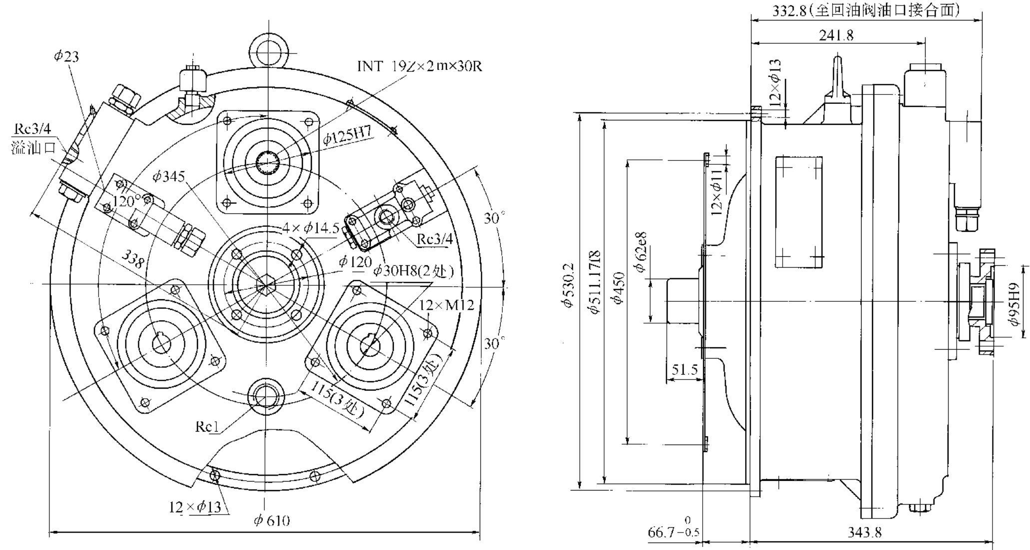
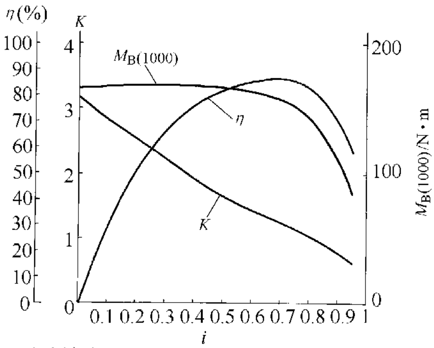


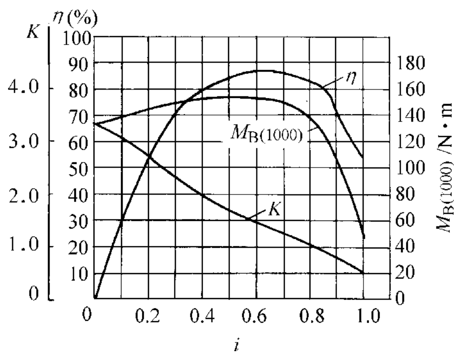
图 24. 3-61　YJ375A 液力变矩器



试验转速：　1700r/min
工作液牌号：　6 号液力传动油
试验油温：　95℃
试验单位：　山推股份公司传动试验室

i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N · m
0	3. 19	0	165. 1
0. 1	2. 83	29. 3	166. 8
0. 2	2. 55	52	167
0. 3	2. 24	66. 8	167. 5
0. 4	1. 93	76. 7	167. 8
0. 45	1. 78	79. 8	167. 5
0. 5	1. 65	82. 3	167
0. 6	1. 43	85. 5	164
0. 7	1. 25	86. 8	157. 5
0. 725	1. 2	86. 9	155. 25
0. 8	1. 05	84. 2	146
0. 82	1. 05	82	141
0. 9	0. 8	71. 6	113
0. 95	0. 63	58. 7	84. 5

图 24. 3-62　YJ375A 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.36	0	135
0.1	3.15	0.315	139
0.2	2.70	0.540	145
0.3	2.34	0.702	148
0.35	2.14	0.749	151
0.4	1.98	0.792	152
0.5	1.69	0.845	154
0.6	1.45	0.870	154
0.67	1.31	0.878	151
0.7	1.24	0.868	150
0.8	1.05	0.840	138
0.824	1.00	0.842	133
0.9	0.795	0.716	104
1.0	0.530	0.530	52

试验转速/r·min^{-1}	1800
工作油牌号	6号液力传动油
试验油温/℃	90~120
试验单位	天津工程机械研究院

图24.3-63　YJ37508液力变矩器公称特性

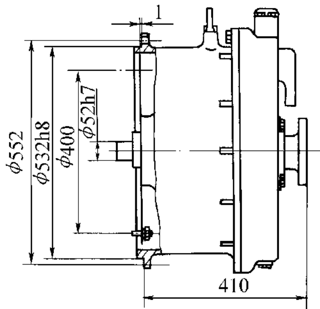


图24.3-64　YJ37508液力变矩器

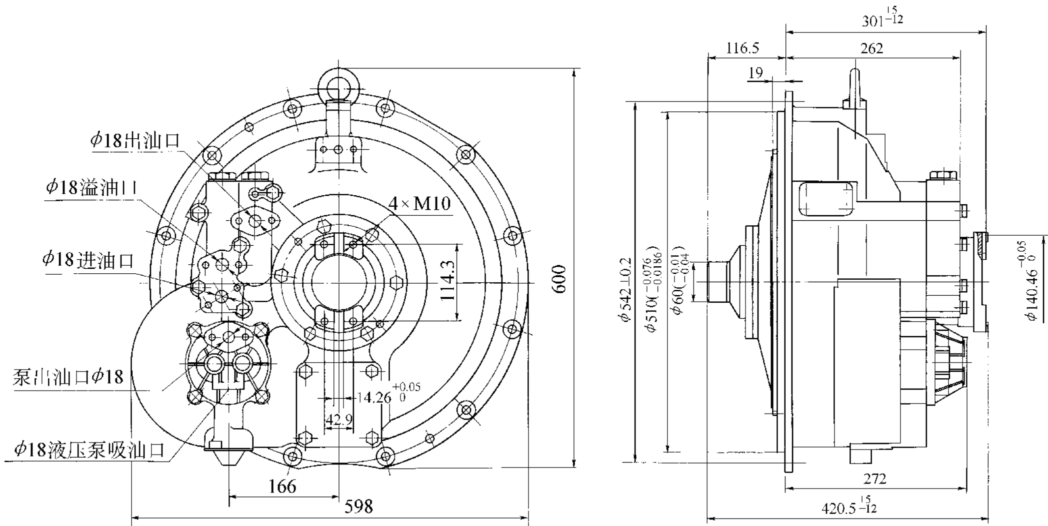
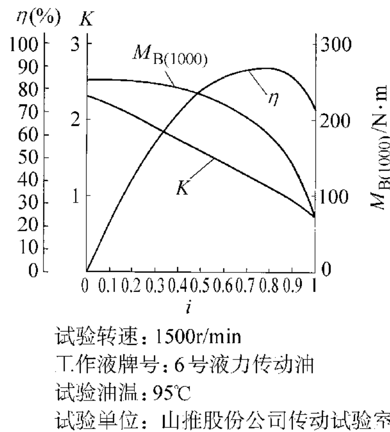


图24.3-65　YJ380液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.32	0	251
0.1	2.21	22.1	253
0.2	2.05	41.1	252
0.3	1.9	57.1	248
0.4	1.76	70.3	242
0.443	1.69	75	238
0.5	1.6	79.8	233
0.6	1.43	85.9	220
0.7	1.27	89.1	204
0.749	1.2	89.8	193
0.8	1.12	89.6	181
0.874	1	87.4	155
0.9	0.95	85.6	142
0.983	0.77	75	88
1	0.72	71.7	72

图24.3-66　YJ380液力变矩器公称特性

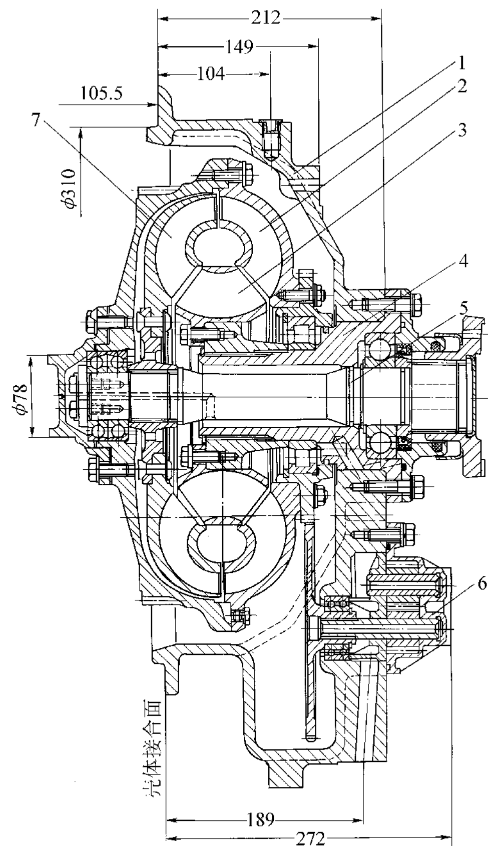
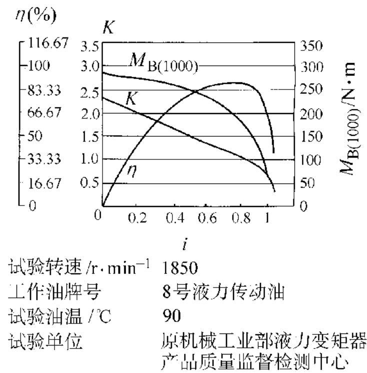


图24.3-67　TY165A液力变矩器

1—壳体　2—泵轮　3—导轮　4—导轮座　5—输出轴　6—回油泵　7—涡轮



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.31	0	285.8
0.1	2.17	0.22	277.3
0.2	2.04	0.41	273.6
0.3	1.89	0.57	270.1
0.4	1.73	0.69	262.7
0.5	1.56	0.78	252.7
0.6	1.40	0.84	239.1
0.65	1.33	0.87	230.5
0.7	1.25	0.88	220.8
0.75	1.18	0.88	209.4
0.8	1.11	0.89	194.9
0.85	1.03	0.87	178.3
0.9	0.95	0.85	156.3
0.95	0.84	0.80	124.5
1.04	0.38	0.40	29.0

图24.3-68　TY165A液力变矩器公称特性

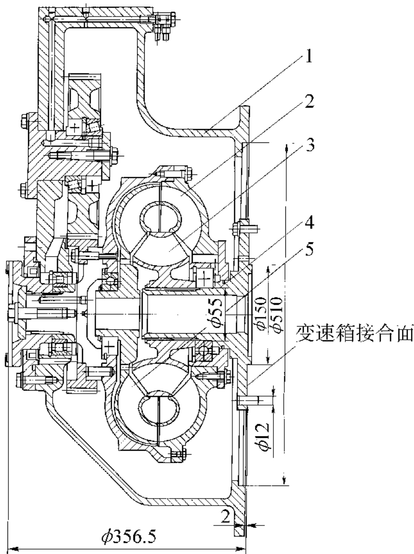
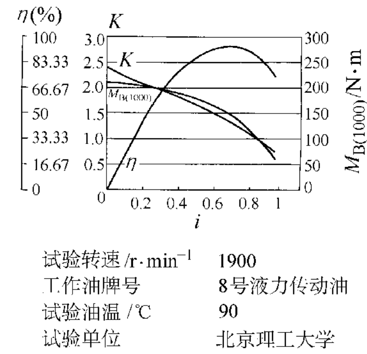


图24.3-69　TY185液力变矩器

1—壳体　2—泵轮　3—导轮　4—导轮座　5—涡轮



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0.00	2.37	0.00	211.8
0.19	2.09	0.40	202.2
0.31	1.98	0.61	195.7
0.40	1.84	0.73	190.3
0.51	1.68	0.85	181.4
0.60	1.51	0.91	170.6
0.70	1.34	0.94	152.5
0.73	1.27	0.93	148.7
0.81	1.15	0.93	127.1
0.89	0.97	0.86	96.4
0.95	0.86	0.82	82.8
1.00	0.75	0.75	61.4

图24.3-70　TY185液力变矩器公称特性

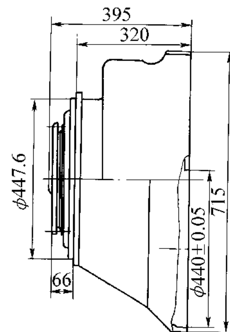
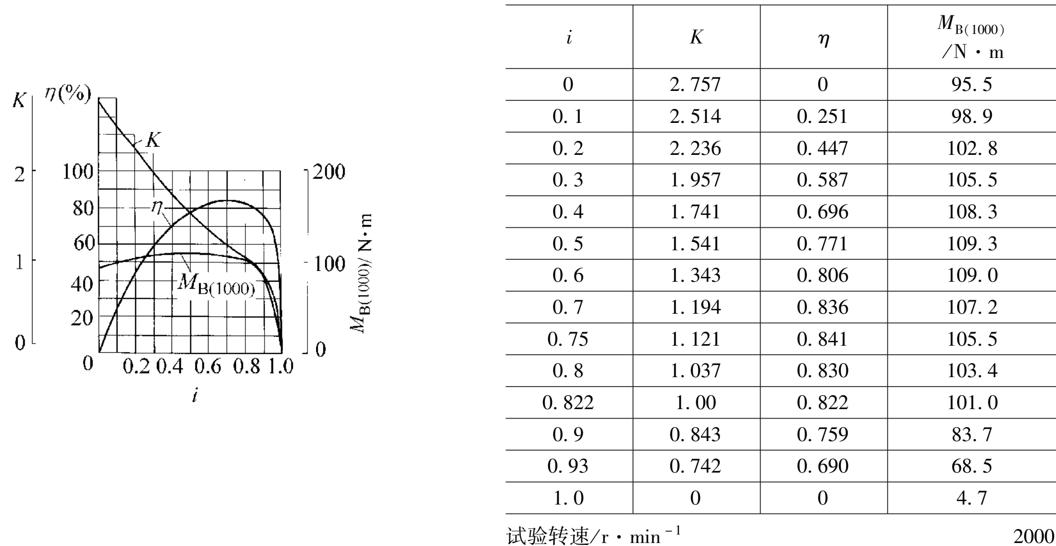


图 24. 3-71　966D 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2. 757	0	95. 5
0. 1	2. 514	0. 251	98. 9
0. 2	2. 236	0. 447	102. 8
0. 3	1. 957	0. 587	105. 5
0. 4	1. 741	0. 696	108. 3
0. 5	1. 541	0. 771	109. 3
0. 6	1. 343	0. 806	109. 0
0. 7	1. 194	0. 836	107. 2
0. 75	1. 121	0. 841	105. 5
0. 8	1. 037	0. 830	103. 4
0. 822	1. 00	0. 822	101. 0
0. 9	0. 843	0. 759	83. 7
0. 93	0. 742	0. 690	68. 5
1. 0	0	0	4. 7

试验转速/r·min^{-1}　2000

图 24. 3-72　966D 液力变矩器公称特性

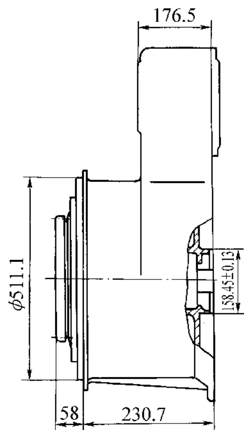
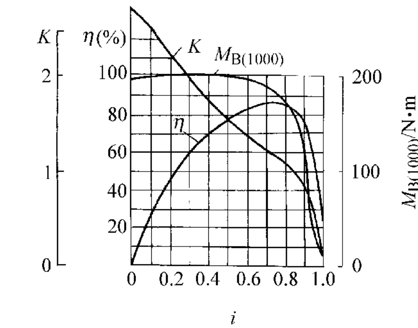


图 24. 3-73　980C 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.699	0	196.9
0.1	2.507	0.251	198.9
0.2	2.241	0.448	200.8
0.3	2.000	0.600	200.8
0.4	1.771	0.708	201.1
0.5	1.562	0.781	200.6
0.6	1.384	0.830	196.4
0.7	1.221	0.855	188.4
0.75	1.152	0.864	182.3
0.8	1.069	0.855	175.9
0.84	1.000	0.840	163.0
0.9	0.864	0.778	130.8
0.95	0.581	0.552	32.4
1.0	0.125	0.125	8.9
试验转速/r·min^{-1}			2100

图24.3-74 980C液力变矩器公称特性

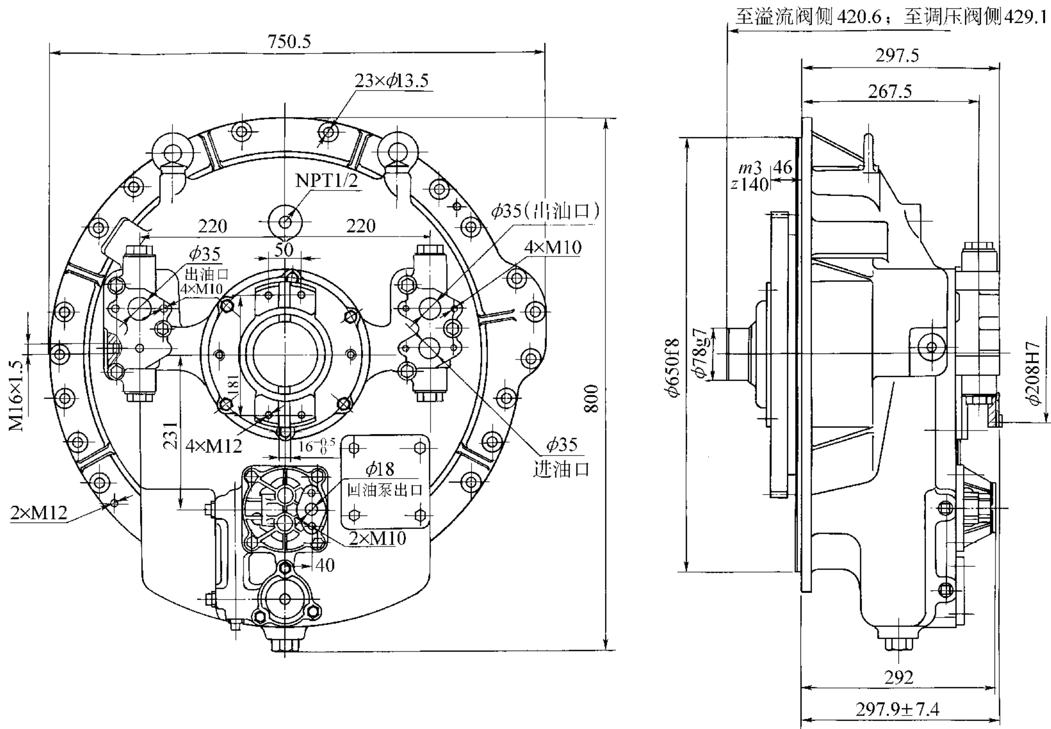
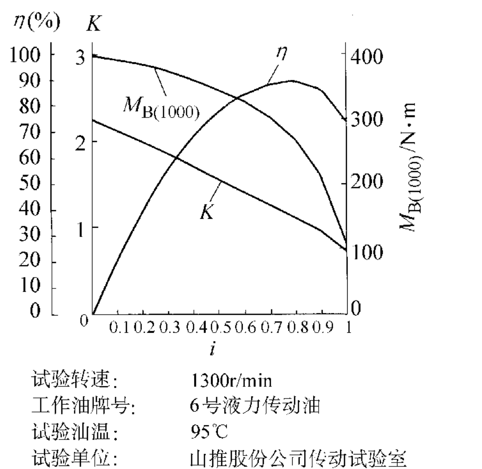
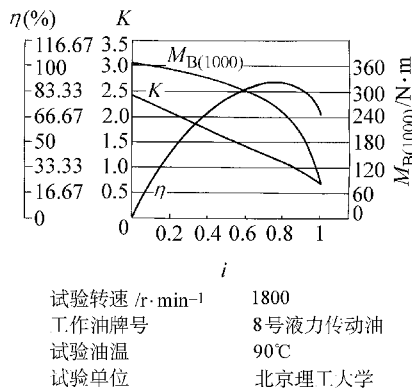


图24.3-75 YJ409液力变矩器



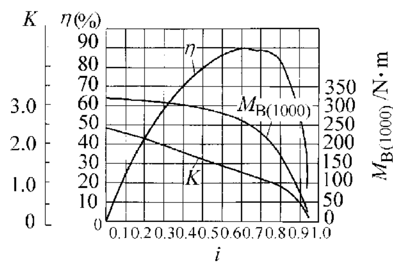
i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.38	0	374
0.1	2.26	22.6	368
0.2	2.15	43	367
0.3	1.98	59.4	357
0.4	1.8	72	345
0.426	1.76	75	343
0.5	1.63	81.5	335
0.6	1.46	87.6	318
0.7	1.3	91	292
0.759	1.21	91.8	278
0.8	1.14	91.2	261
0.88	1.0	88	223
0.9	0.97	87.3	210
0.994	0.76	75	120
1.05	0.27	28.3	41

图 24.3-76　YJ409 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.42	0	366.5
0.08	2.30	0.19	359.0
0.24	2.05	0.49	346.9
0.38	1.80	0.68	326.8
0.51	1.57	0.80	313.4
0.62	1.40	0.86	298.0
0.70	1.27	0.89	277.3
0.77	1.16	0.89	258.6
0.85	1.03	0.87	226.1
0.93	0.89	0.83	171.5
1.00	0.68	0.68	85.1

图 24.3-77　TY220 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.40	0	320.3
0.30	1.98	0.59	308.3
0.40	1.78	0.71	303.7
0.50	1.60	0.80	293.2
0.60	1.44	0.86	281.0
0.70	1.29	0.90	260.9
0.77	1.16	0.89	240.1
0.80	1.11	0.89	229.6
0.87	0.99	0.86	194.8
0.90	0.93	0.84	171.5
1.04	0.18	0.19	30.3

试验转速:　1800r/min

工作油牌号:　8 号液力传动油

试验油温:　90℃

试验单位:　内蒙第一机械(集团)公司科研所

图 24.3-78　YJ409 液力变矩器的公称特性

i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	2.58	0	497
0.1	2.35	23.5	495
0.2	2.15	43	468
0.3	1.92	58.2	479
0.4	1.74	69.6	466
0.457	1.64	75	457
0.5	1.57	78.5	447
0.6	1.4	84	419
0.7	1.23	86.4	379
0.723	1.2	87	368
0.8	1.07	85.6	329
0.845	1.0	84.5	298
0.9	0.9	81	258
0.938	0.8	75	208
1	0.6	60	104

试验转速：1300r/min

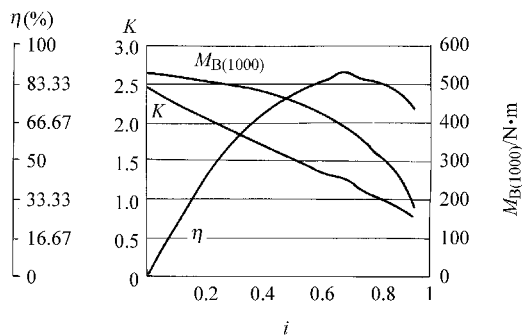
工作油牌号：6号液力传动油

试验油温：95℃

试验单位：山推股份公司传动试验室

图24.3-79 YJ435液力变矩器公称

图24.3-80 YJ435液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.44	0	525.5
0.23	2.01	0.46	505.7
0.3	1.89	0.57	497.4
0.4	1.73	0.69	482.7
0.5	1.54	0.77	462.5
0.6	1.38	0.83	434.1
0.65	1.31	0.85	414.9
0.7	1.28	0.89	391.6
0.73	1.19	0.87	376.1
0.75	1.15	0.86	364.5
0.78	1.09	0.85	345.0
0.8	1.06	0.85	329.9
0.85	0.98	0.83	297.1
0.9	0.90	0.81	257.0
0.95	0.77	0.74	186.1

试验转速/r·min^{-1}	1800
工作油牌号	8号液力传动油
试验油温/℃	90
试验单位	北京理工大学

图24.3-81　TY320液力变矩器公称特性

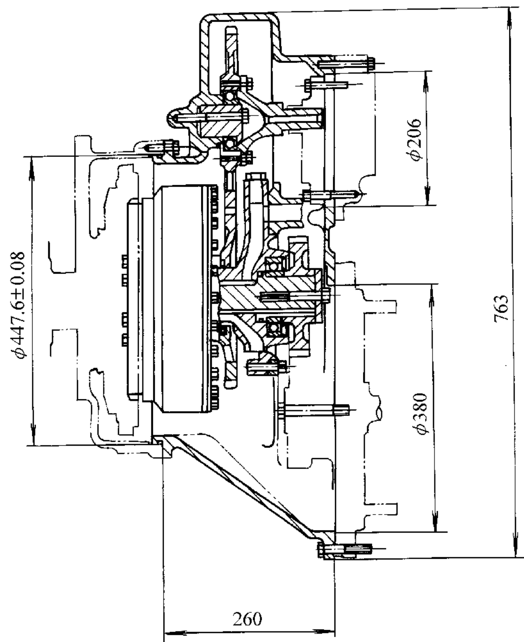
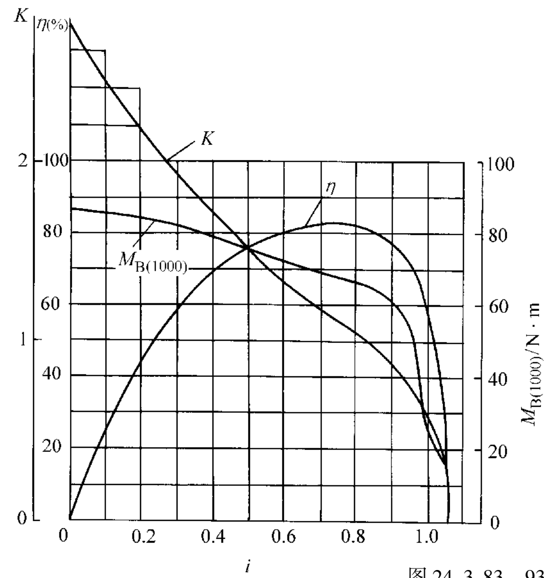


图24.3-82　936液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.75	0	86.3
0.1	2.45	0.245	86.3
0.2	2.18	0.436	84.4
0.3	1.95	0.585	81.6
0.4	1.719	0.700	78.3
0.5	1.520	0.760	75.1
0.6	1.338	0.803	71.8
0.7	1.178	0.825	69.4
0.8	1.031	0.825	66.6
0.82	1.00	0.820	66.0
0.9	0.870	0.783	61.9
0.96	0.729	0.700	48.8
1.0	0.58	0.58	24.4
1.06	0	0	15.6
试验转速/r·min⁻¹			2000

图24.3-83 936液力变矩器公称特性

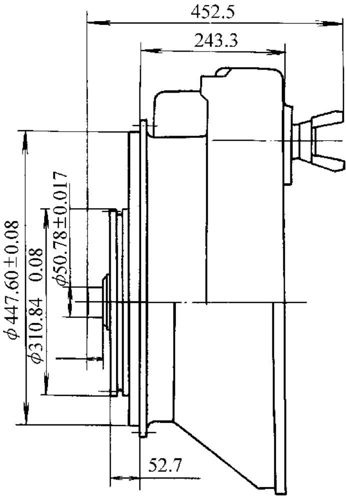
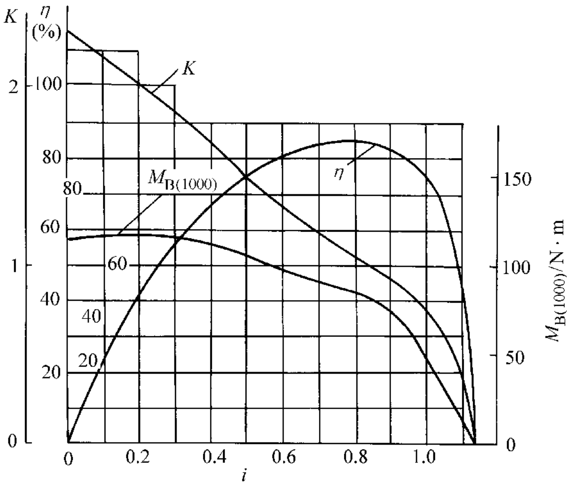


图24.3-84 518液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.31	0	114.0
0.2	2.025	0.405	117.8
0.3	1.833	0.550	117.3
0.4	1.67	0.668	111.7
0.5	1.51	0.755	104.1
0.6	1.35	0.810	96.9
0.7	1.20	0.840	90.5
0.8	1.063	0.850	84.4
0.845	1.00	0.845	81.0
0.9	0.922	0.830	76.9
1.0	0.750	0.750	47.9
1.028	0.681	0.700	37.1
1.10	0.427	0.470	16.0
1.14	0	0	6.6
试验转速/r·min⁻¹			2000

图24.3-85 518液力变矩器公称特性

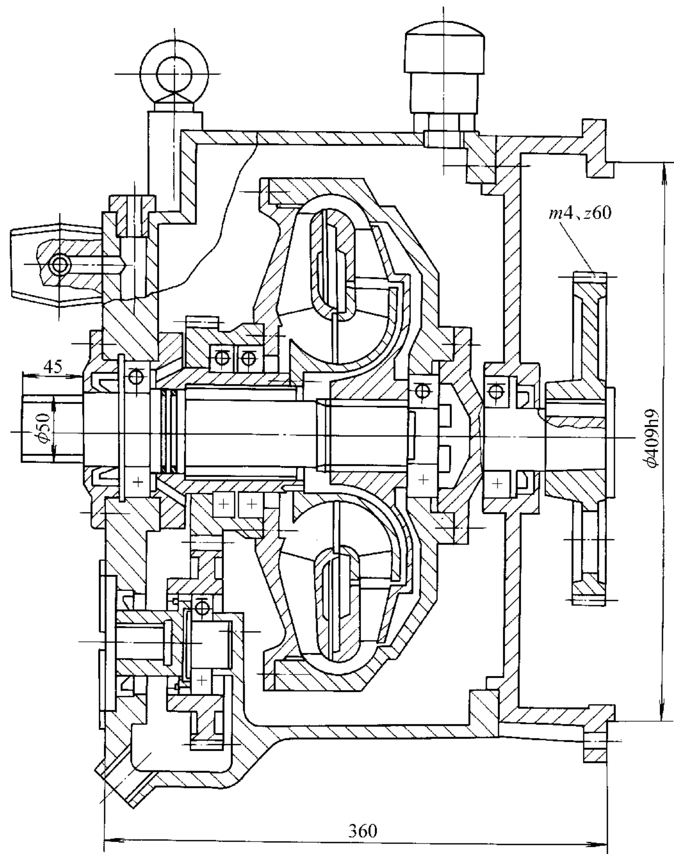
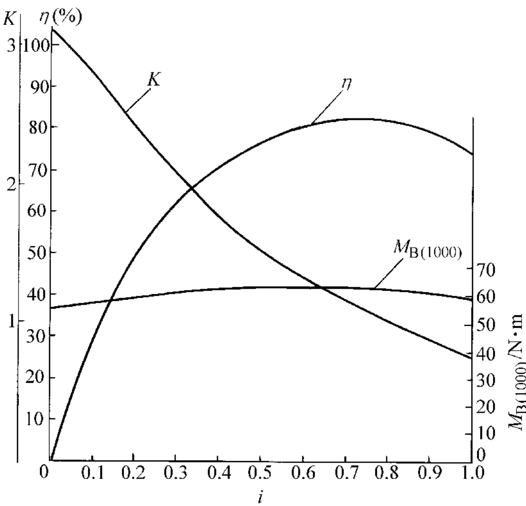


图 24.3-86　YB355A 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N · m
0	3.094	0	54.7
0.1	2.780	0.278	56.6
0.2	2.420	0.484	58.5
0.3	2.070	0.621	60.0
0.4	1.778	0.711	61.6
0.5	1.532	0.766	62.2
0.6	1.338	0.803	62.8
0.7	1.160	0.812	62.5
0.74	1.105	0.818	62.2
0.8	1.020	0.816	61.8
0.81	1.00	0.810	61.7
0.9	0.880	0.792	61.0
1.0	0.744	0.744	58.9

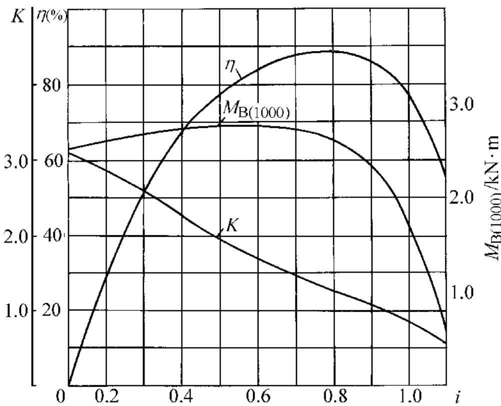
试验转速/r · min⁻¹　2000

工作油牌号　22 号透平油

试验油温/℃　96

试验单位

图 24.3-87　YB355A 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /kN · m
0	3.06	0	2.495
0.1	2.86	0.286	2.595
0.2	2.575	0.515	2.676
0.3	2.240	0.672	2.731
0.4	1.943	0.777	2.750
0.5	1.676	0.838	2.750
0.6	1.458	0.875	2.712
0.7	1.273	0.892	2.612
0.75	1.176	0.882	2.522
0.8	1.075	0.860	2.357
0.85	0.969	0.824	2.076
0.9	0.854	0.769	1.674
0.95	0.718	0.682	1.143
1.0	0.54	0.54	0.571

试验转速/r · min⁻¹ 1000
工作油牌号 6号液力传动油
试验油温/℃ 90
试验单位 北京理工大学

图 24.3-88 YJ670 液力变矩器公称特性

表 24.3-2 单相单级轴流涡轮和离心涡轮液力变矩器的产品型号、规格、技术参数

型 号	有效直径 /mm	公称力矩 /N · m	转速 /r · min^{-1}	功率 /kW	特 性	外形尺寸	目前应用主机	生 产 厂
FW410	410	335	1450	100	见图 24.3-90	见图 24.3-89	1m^3 机械挖掘机轨道起重机	大连液力机械厂
QB3	691	950	2600	1100	见图 24.3-91		3000 马力内燃机车	北京二七机车厂
YB3	627	950	2600	1100	见图 24.3-92		3000 马力内燃机车	北京二七机车厂

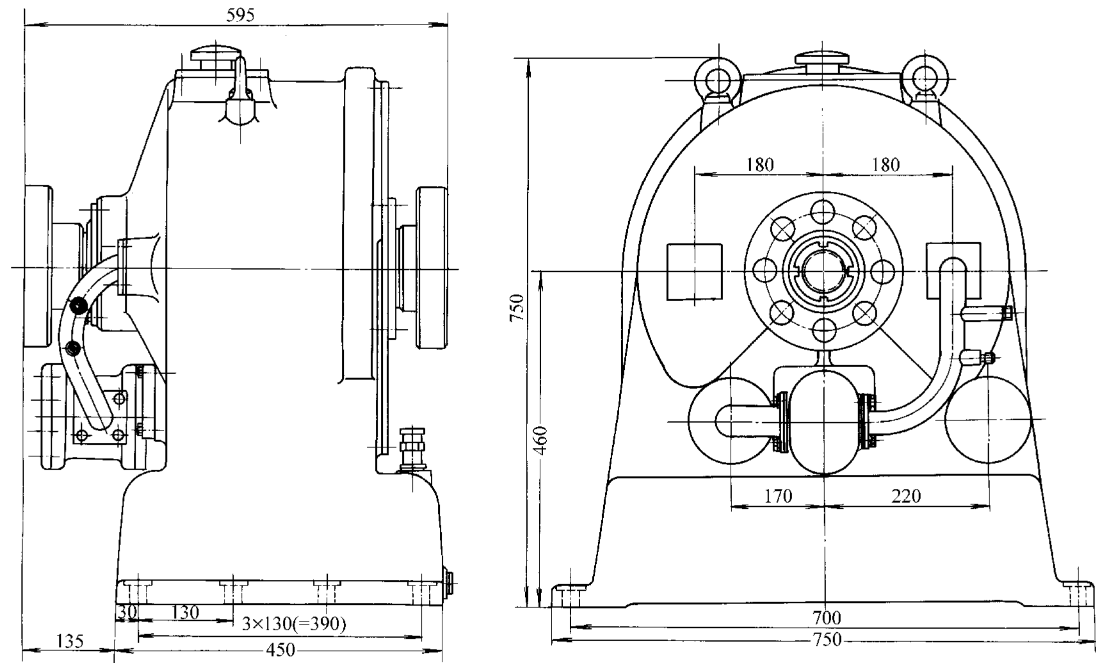
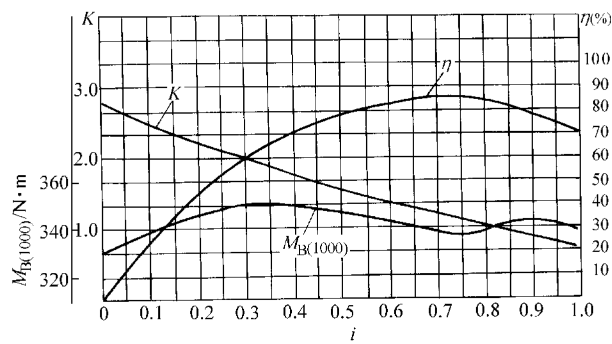


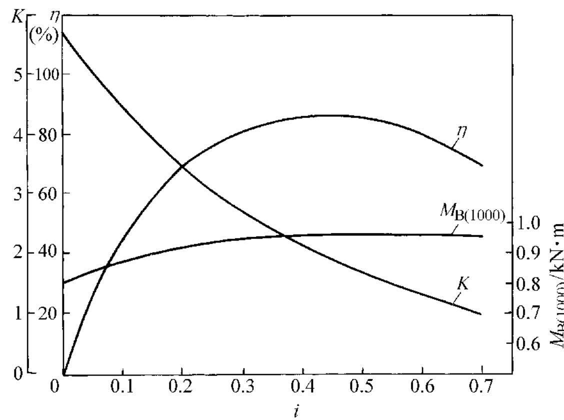
图 24.3-89 FW410 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N・m
0	2. 78	0	330
0. 3	2. 00	0. 600	350
0. 4	1. 78	0. 710	349
0. 499	1. 56	0. 780	347
0. 6	1. 37	0. 810	343
0. 699	1. 21	0. 846	338
0. 73	1. 17	0. 854	336
0. 8	1. 05	0. 840	339
0. 82	1. 00	0. 820	340
0. 9	0. 87	0. 783	343
0. 99	0. 73	0. 723	340

试验转速/r・min^{-1}	1300
工作油牌号	变压器油
试验油温/℃	90
试验单位	大连液力机械厂

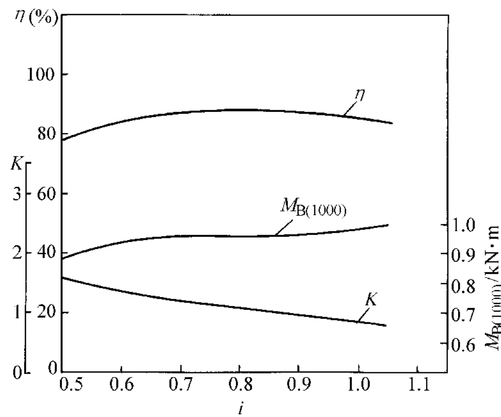
图 24. 3-90　FW410 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /kN・m
0	5. 75	0	0. 804
0. 1	4. 53	0. 453	0. 872
0. 2	3. 50	0. 700	0. 926
0. 3	2. 717	0. 815	0. 953
0. 4	2. 15	0. 860	0. 958
0. 442	1. 959	0. 866	0. 959
0. 5	1. 70	0. 850	0. 959
0. 6	1. 333	0. 800	0. 963
0. 7	1. 00	0. 700	0. 957

试验转速/r・min^{-1}	1150
工作油牌号	20 号液压油
试验油温/℃	90～95

图 24. 3-91　QB3 液力变矩器公称特性



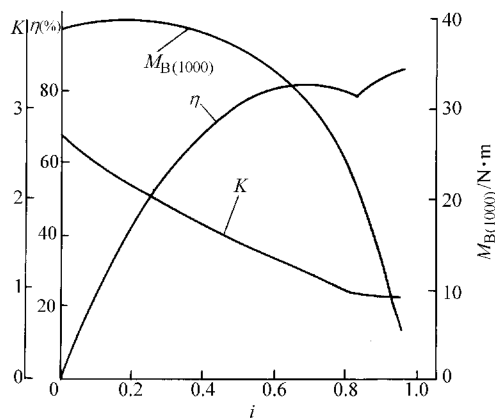
i	K	η	$M_{B(1000)}$ /kN・m
0. 5	1. 56	0. 78	0. 880
0. 6	1. 388	0. 833	0. 937
0. 7	1. 233	0. 863	0. 955
0. 8	1. 090	0. 872	0. 957
0. 825	1. 058	0. 873	0. 958
0. 870	1. 00	0. 870	0. 960
0. 9	0. 963	0. 867	0. 962
1. 0	0. 848	0. 848	0. 980
1. 05	0. 794	0. 834	0. 993

试验转速/r・min^{-1}	750
工作油牌号	20 号液压油
试验油温/℃	90～95

图 24. 3-92　YB3 液力变矩器公称特性

表24.3-3　多相单级和闭锁液力变矩器的产品型号、规格、技术参数

型　号	有效直径/mm	公称力矩/N·m	转速/r·min^{-1}	功率/kW	特　性	外形尺寸	匹配动力机	目前应用主机	生　产　厂
YBQ244	244	28	3000	40	见图24.3-93		492Q	2、3吨叉车	湖南中南传动机械厂
YBQ265	265	20	3000	40	见图24.3-95	见图24.3-94	490Q、LR310	2、3吨叉车	湖南中南传动机械厂
YBQ265B	265	22.4	3000	40	见图24.3-96	见图24.3-94	4G33	1、1.5吨叉车	湖南中南传动机械厂
2030CDa	265	22.4	3000	40	见图24.3-97	见图24.3-94	485QC、SL3100	2、3吨叉车	福建大田通用机械厂
YJ_1265	265	25.0	3000	40	见图24.3-98	见图24.3-94	485、490	2、3吨叉车	浙江临海机械厂
YB265	265		3000	40		见图24.3-94	490Q	2、3吨叉车	成都工程机械总厂液力分厂
FB_3323	323	63		58	见图24.3-100	见图24.3-99		4.5～8.0吨叉车 2吨装载机	大连液力机械厂
YBQ323	323	63		58	见图24.3-101	见图24.3-99			湖南中南传动机械厂
YB323	323		2400	58		见图24.3-99	R4100G		成都工程机械总厂液力分厂
TG375A	375	180	2000	154	见图24.3-102	见图24.3-103	6135K-9	PY160C平地机 4.5吨装载机	天津市琪悦工程机械有限公司
TG375	375	160	2000	154	见图24.3-104	见图24.3-105	6135K-9	PY160B平地机	天津市琪悦工程机械有限公司
CDQ400	375	224		240	见图24.3-106			矿用自卸车、钻井机、修井机、水泥车	贵州长新机械厂
CDQ500	423	355		385	见图24.3-107			压裂车	贵州长新机械厂
YJH265钣金冲焊型	265	30	3000	40	见图24.3-109 $K_0=3.0$ $\eta_{max}=0.79$ $M_{Bgo}=31.77$	见图24.3-108	490、492、495、4100、JX493ZQ JX493Q1	2.0、3.0吨叉车、1.5、1.8吨装载机、牵引车	陕西航天动力高科技股份有限公司
YJH315钣金冲焊型	315	62	2300	89	见图24.3-111 $K_0=3.01$ $\eta_{max}=0.82$ $M_{Bgo}=71$	见图24.3-110	6102 6BG1 LR6105 6108	3.5～10吨叉车，3.0吨装载机、PY120平地机	
YJH315A钣金冲焊型	315	70	2300	89	见图24.3-112 $K_0=2.40$ $\eta_{max}=0.79$ $M_{Bog}=80$	见图24.3-110	同上	同上	



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.67	0	39.1
0.1	2.39	0.239	39.8
0.2	2.14	0.428	39.9
0.3	1.928	0.578	39.4
0.4	1.723	0.689	38.6
0.5	1.512	0.756	36.9
0.6	1.335	0.801	34.5
0.7	1.167	0.817	30.0
0.8	0.986	0.789	24.3
0.82	0.949	0.778	23.7
0.86	0.943	0.811	17.6
0.9	0.934	0.841	12.8
0.95	0.905	0.86	6.0

试验转速/$r \cdot min^{-1}$　2200
工作油牌号　20 号透平油
试验油温/℃　75
试验单位　湖南中南传动机械厂

图 24.3-93　YBQ244 液力变矩器公称特性

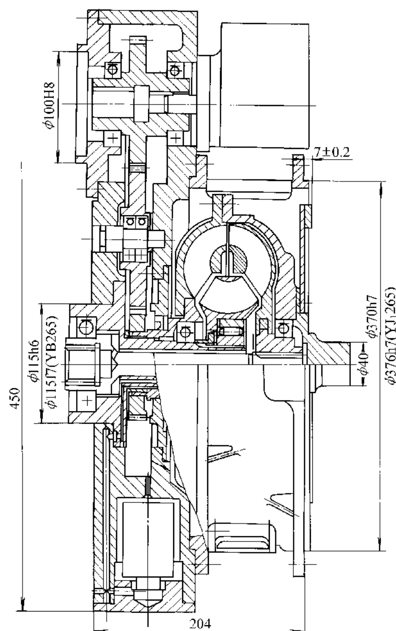
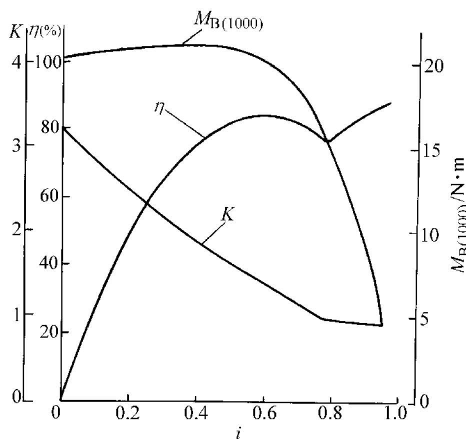


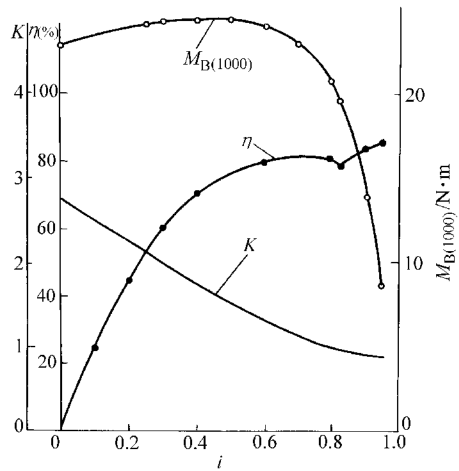
图 24.3-94　YBQ265 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.20	0	20.1
0.1	2.85	0.285	20.5
0.2	2.52	0.504	20.8
0.3	2.20	0.660	20.9
0.4	1.913	0.765	21.0
0.5	1.650	0.825	20.8
0.591	1.435	0.848	20.0
0.7	1.17	0.820	18.5
0.773	0.999	0.772	15.3
0.8	0.982	0.786	14.6
0.85	0.968	0.823	12.0
0.9	0.950	0.855	9.6
0.95	0.926	0.880	5.2

试验转速/$r \cdot min^{-1}$　2200
工作油牌号　22 号透平油
试验油温/℃　83
试验单位　北京起重机械研究所

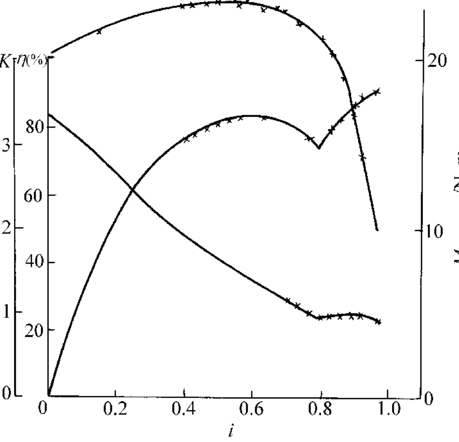
图 24.3-95　YBQ265 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.73	0	22.9
0.1	2.49	0.249	23.5
0.2	2.26	0.452	23.9
0.3	2.01	0.603	24.3
0.4	1.759	0.703	24.4
0.5	1.529	0.765	24.5
0.6	1.332	0.799	24.0
0.7	1.160	0.812	22.9
0.8	1.009	0.807	20.7
0.82	0.956	0.784	19.8
0.85	0.947	0.805	17.6
0.9	0.928	0.835	13.8
0.95	0.898	0.853	8.7

试验转速/r·min^{-1}	2200
工作油牌号	22号透平油
试验油温/℃	75～90
试验单位	湖南中南传动机械厂

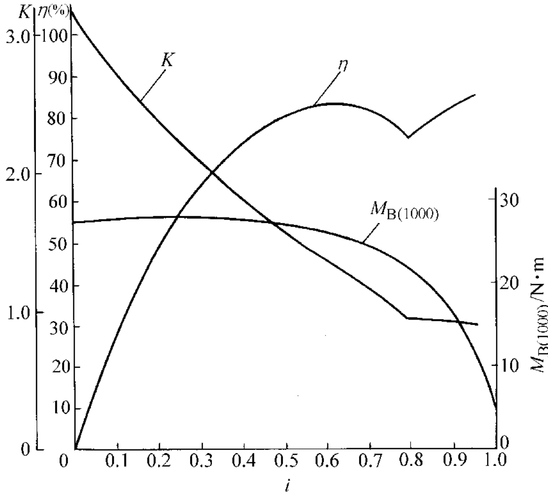
图24.3-96　YBQ265B液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.36	0	20.3
0.1	3.05	0.305	21.2
0.2	2.66	0.532	22.2
0.3	2.66	0.678	22.8
0.4	1.925	0.770	23.2
0.5	1.632	0.816	23.6
0.583	1.44	0.84	23.5
0.7	1.163	0.814	22.7
0.79*	0.96	0.758	21.3
0.9	0.97	0.873	15.9
0.95	0.953	0.905	11.3
0.965	0.943	0.91	10

试验转速/r·min^{-1}	1800
工作油牌号	20号透平油
试验油温/℃	85

图24.3-97　2030CDa液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.16	0	27.5
0.1	2.76	0.276	28.0
0.2	2.41	0.482	28.3
0.3	2.11	0.633	28.3
0.4	1.84	0.736	27.8
0.42	1.786	0.750	27.5
0.5	1.59	0.795	27.0
0.6	1.38	0.828	26.0
0.63	1.32	0.831	25.8
0.7	1.17	0.819	24.6
0.79	0.949	0.750	22.2
0.8	0.940	0.752	21.6
0.85	0.933	0.793	19.5
0.9	0.918	0.826	16.2
0.95	0.90	0.855	11.0

试验转速/r·min^{-1}	2000
工作油牌号	22号透平油
试验油温/℃	93

图24.3-98　$YJ_1$265液力变矩器公称特性

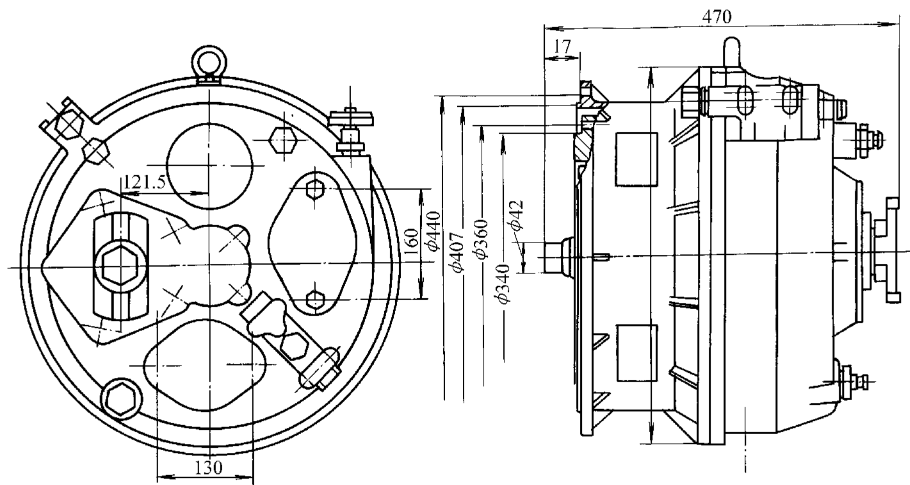
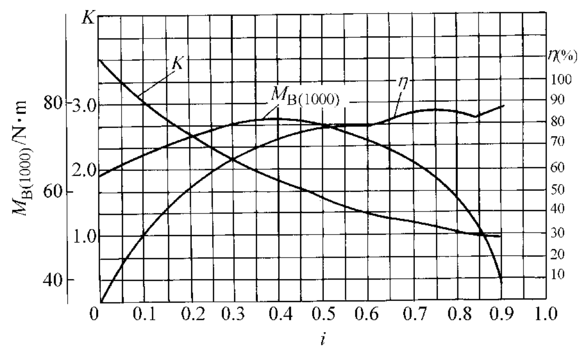


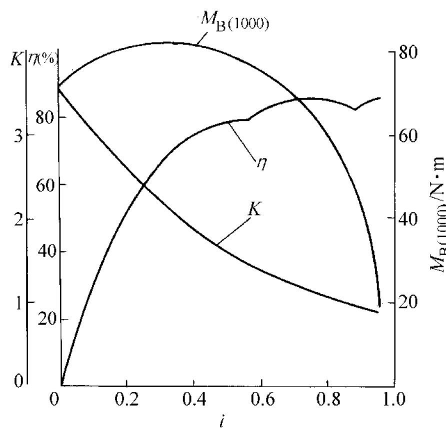
图 24. 3-99　FB_3323 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.65	0	63.7
0.1	3.01	0.301	65.7
0.2	2.56	0.512	72.3
0.3	2.15	0.645	75.1
0.426	1.76	0.750	76.2
0.5	1.56	0.780	74.8
0.6	1.31	0.786	70.5
0.7	1.206	0.847	66.5
0.76	1.128	0.857	61.4
0.8	1.063	0.850	58.6
0.87	0.945	0.822	48.5
0.95	0.90	0.855	20.5

试验转速/$r \cdot min^{-1}$　　2000
工作油牌号　　6 号液力传动油
试验油温/℃　　92
试验单位　　天津工程机械研究院

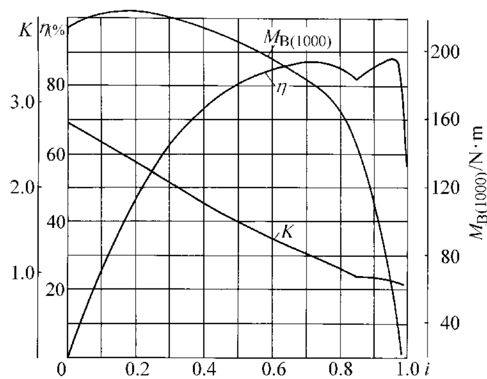
图 24. 3-100　FB_3323 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	3.56	0	72.8
0.2	2.585	0.517	80.1
0.3	2.21	0.663	81.7
0.35	2.02	0.707	82.1
0.4	1.86	0.744	81.7
0.5	1.57	0.785	79.3
0.564	1.411	0.796	76.6
0.6	1.37	0.822	75.0
0.7	1.22	0.854	69.0
0.787	1.093	0.860	62.2
0.834	1.015	0.847	57.4
0.88	0.94	0.827	49.0
0.90	0.93	0.837	42.1
0.95	0.90	0.855	20.9

试验转速/$r \cdot min^{-1}$　　1800
工作油牌号　　22 号透平油
试验油温/℃　　75 ~90
试验单位　　湖南中南传动机械厂

图 24. 3-101　YBQ323 液力变矩器公称特性

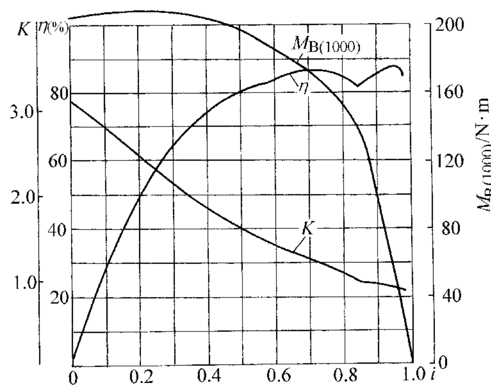


i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.78	0	214.0
0.1	2.47	0.247	222.5
0.2	2.33	0.466	224.0
0.3	2.083	0.625	220.5
0.4	1.830	0.732	214.5
0.5	1.600	0.800	206.5
0.6	1.408	0.845	196.5
0.7	1.236	0.865	184.0
0.75	1.156	0.867	176.0
0.8	1.059	0.847	165.0
0.845	0.959	0.810	144.0
0.9	0.950	0.855	112.0
0.95	0.926	0.880	66.0
0.975	0.872	0.850	32.0

试验转速/r·min^{-1}	1500
工作油牌号	6号液力传动油
试验油温/℃	90
试验单位	天津工程机械研究院

图24.3-102　TG375A液力变矩器公称特性

图24.3-103　TG375A液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N · m
0	3. 13	0	205. 2
0. 1	2. 80	0. 280	207. 4
0. 2	2. 50	0. 500	208. 8
0. 3	2. 15	0. 645	208. 0
0. 4	1. 863	0. 745	204. 4
0. 5	1. 616	0. 805	197. 9
0. 58	1. 422	0. 825	189. 2
0. 6	1. 40	0. 840	186. 2
0. 7	1. 234	0. 864	173. 1
0. 8	1. 060	0. 848	152. 8
0. 845	0. 976	0. 825	138. 2
0. 9	0. 950	0. 855	96. 0
0. 95	0. 926	0. 880	53. 1
0. 975	0. 872	0. 850	28

试验转速/r · min^{-1}　1600
工作油牌号　6 号液力传动油
试验油温/℃　90
试验单位　天津工程机械研究院

图 24. 3-104　TG375 液力变矩器公称特性

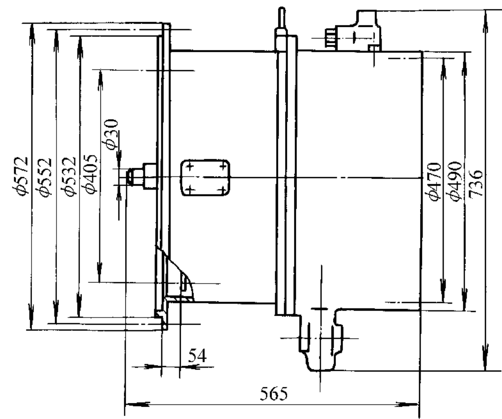
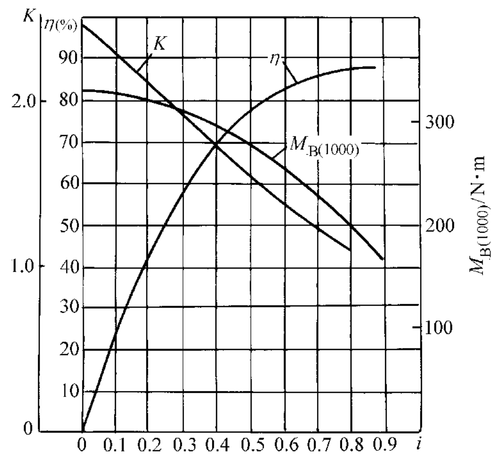


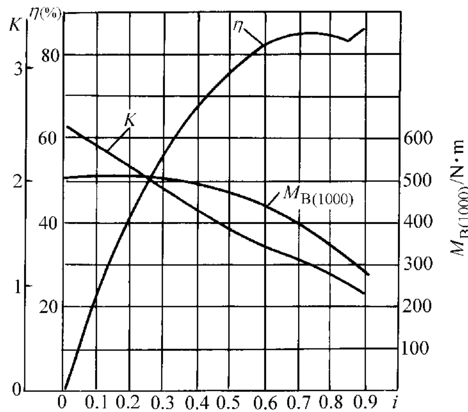
图 24. 3-105　TG375 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N · m
0	2. 424	0	327
0. 1	2. 300	0. 230	324
0. 2	2. 115	0. 423	321
0. 3	1. 926	0. 578	310
0. 4	1. 725	0. 690	296
0. 5	1. 550	0. 775	278
0. 6	1. 388	0. 833	276
0. 7	1. 225	0. 858	225
0. 8	1. 709	0. 863	200
0. 832	1. 045	0. 870	192

试验转速/r · min^{-1}
工作油牌号　8 号液力传动油
试验油温/℃　71 ~ 87
试验单位

图 24. 3-106　CDQ400 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	2.55	0	502
0.1	2.30	0.230	501
0.243	2.00	0.486	515
0.3	1.867	0.560	505
0.4	1.688	0.675	492
0.5	1.510	0.755	472
0.6	1.368	0.821	438
0.731	1.172	0.857	381
0.86	0.970	0.834	315
0.889	0.960	0.852	277

试验转速/r·min⁻¹

工作油牌号　　8 号液力传动油

试验油温/℃　　71～87

试验单位

图 24.3-107　CDQ500 液力变矩器公称特性

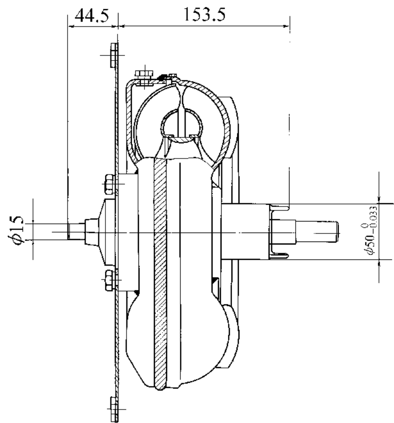
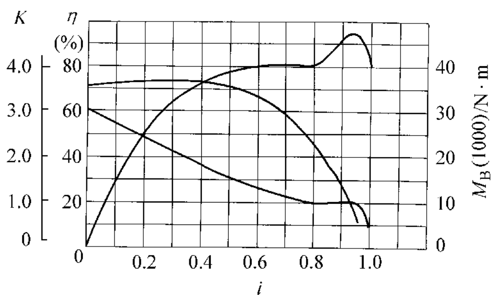


图 24.3-108　YJH265 液力变矩器



试验转速 /r·min　　1700

工作油牌号　　6号液力传动油

试验油温 /℃　　85

试验单位　　陕西航天动力高科技股份有限公司

图 24.3-109　YJH265 液力变矩器公称特性

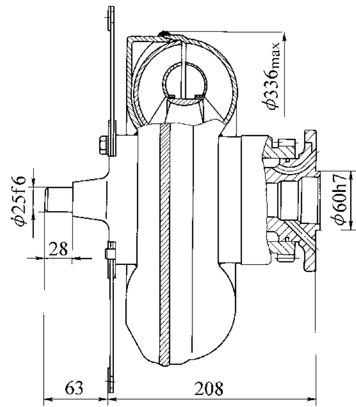
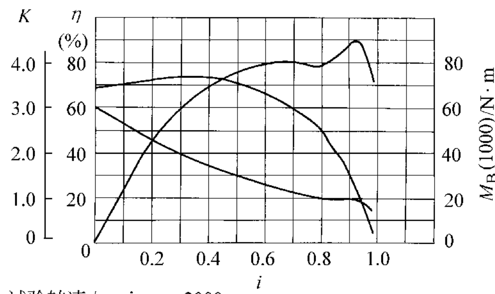


图 24.3-110　YJH315、YJH315A 液力变矩器



试验转速 /r·min　　2000

工作油牌号　　6号液力传动油

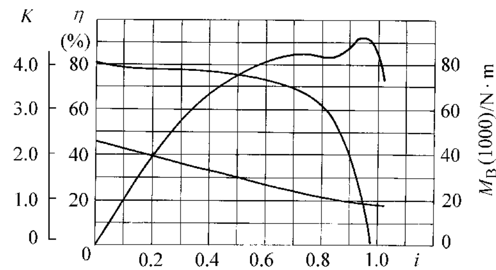
试验油温 /℃　　85±5

试验单位　　陕西航天动力高科技股份有限公司

图 24.3-111　YJH315 液力变矩器公称特性

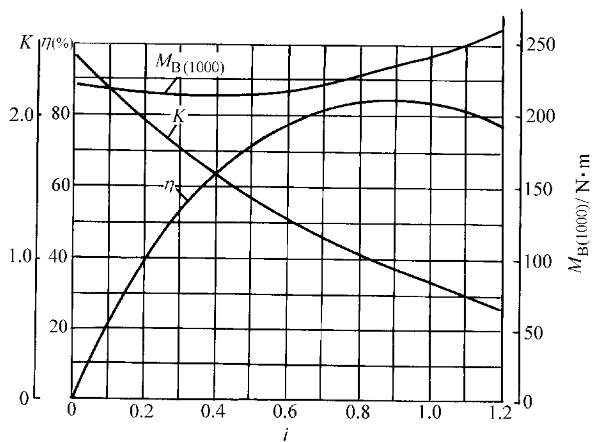
表 24.3-4　可调液力变矩器的产品型号、规格、技术参数

型　号	有效直径 /mm	公称力矩 /N·m	转速 /r·min⁻¹	功率 /kW	特　性	外形尺寸	匹配动力机	目前应用主机	生产厂
LB46	461	250	1480	85	见图 24.3-113		异步电机	化肥设备钾铵泵	
BDL710	720		1500	530	$K_0=4.2$ $\eta_{max}=0.82$	见图 24.3-114	12V195B 12V195B-1	8m³ 抓斗挖泥船	上海船用柴油机研究所
BSL710			1500	735	$K_0=5.3$ $\eta_{max}=0.80$	见图 24.3-115		13m³ 抓斗挖泥船	上海船用柴油机研究所
YB900	900	3350			见图 24.3-117	见图 24.3-116	12V195B 12V195B-1	F 型石油钻机	北京石油机械研究所



试验转速 /r·min	2000
工作油牌号	6号液力传动油
试验油温 /℃	85±5
试验单位	陕西航天动力高科技股份有限公司

图 24. 3-112　YJH315A 液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N · m
0	2. 42	0	220
0. 1	2. 18	0. 218	217
0. 2	1. 97	0. 394	214
0. 3	1. 77	0. 531	214
0. 4	1. 59	0. 636	214
0. 5	1. 43	0. 715	215
0. 6	1. 29	0. 774	218
0. 7	1. 16	0. 812	223
0. 8	1. 04	0. 832	227
0. 9	0. 94	0. 846	234
1. 0	0. 84	0. 840	240
1. 1	0. 74	0. 814	248
1. 2	0. 64	0. 768	259

试验转速/r · min^{-1}	1000
工作油牌号	20 号机油
试验油温/℃	
试验单位	上海铁道学院

图 24. 3-113　LB46 液力变矩器公称特性

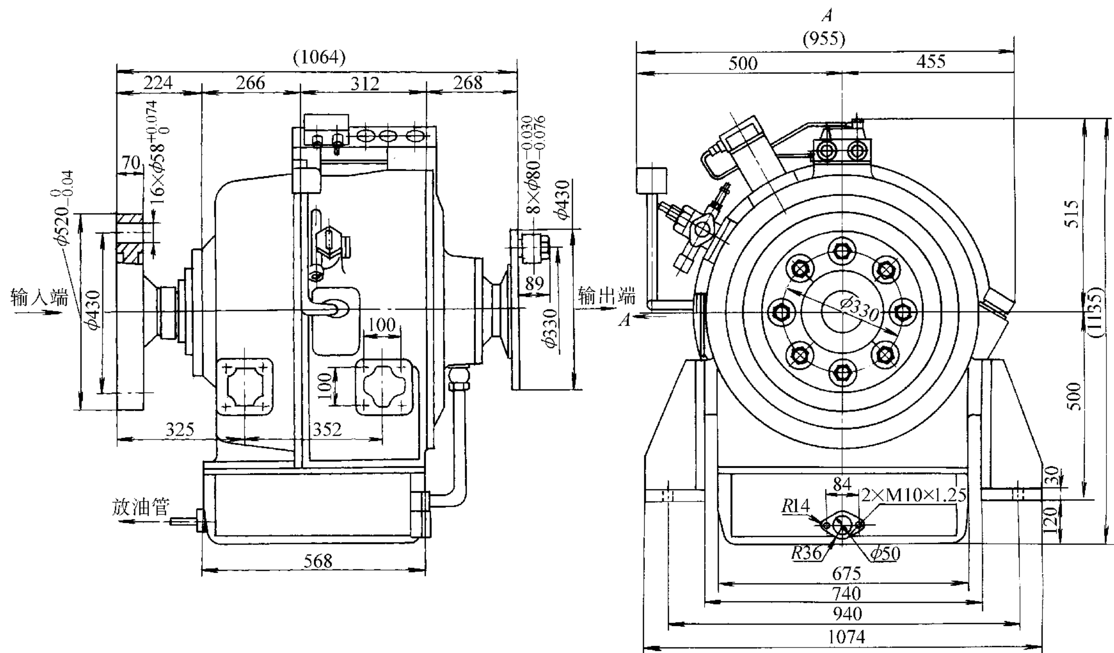


图 24. 3-114　BDL710 可调液力变矩器

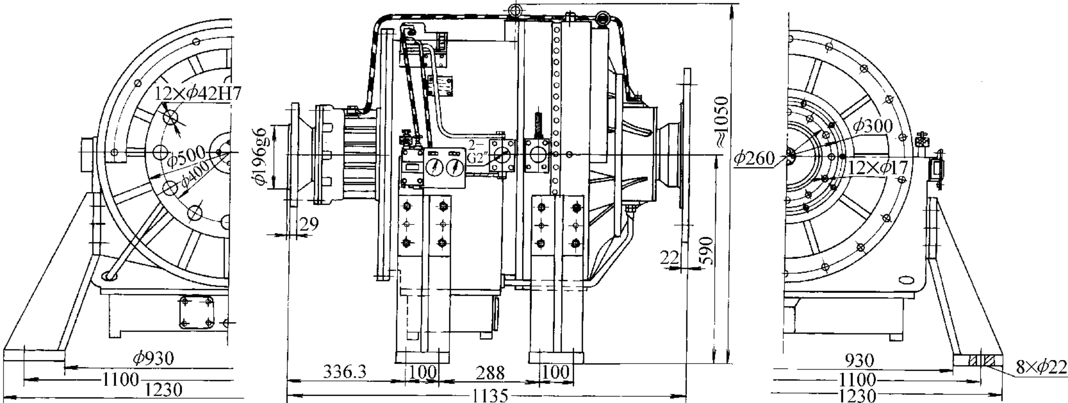


图 24. 3-115　BSL710 可调液力变矩器

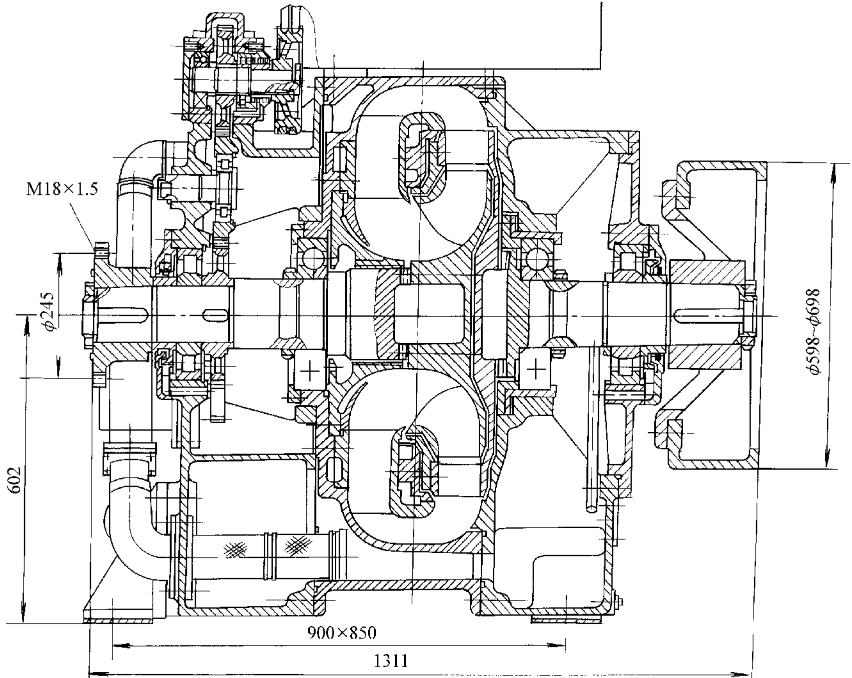
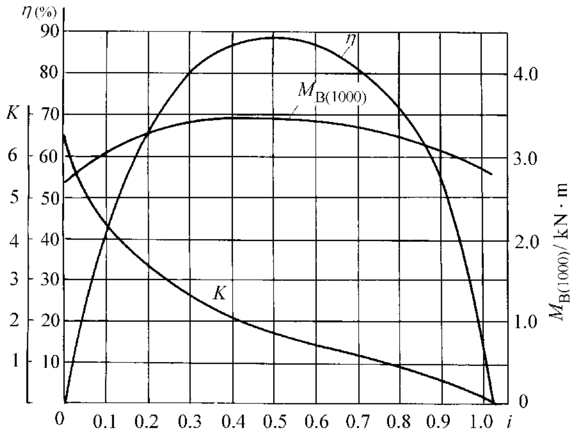


图 24. 3-116　YB900 液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /kN·m
0	6.4	0	2.638
0.1	4.30	0.430	3.052
0.2	3.30	0.660	3.244
0.3	2.70	0.810	3.386
0.4	2.16	0.864	3.397
0.45	1.964	0.884	3.392
0.5	1.760	0.880	3.381
0.6	1.437	0.862	3.352
0.7	1.164	0.815	3.303
0.755	1.00	0.755	3.35
0.8	0.888	0.710	3.205
0.9	0.583	0.525	3.031
1.0	0.160	0.160	2.784
1.025	0	0	2.761

试验转速/r·min⁻¹　800
工作油牌号　6 号液力传动油
试验油温/℃　85 ~ 95
试验单位

图 24. 3-117　YB900 液力变矩器公称特性

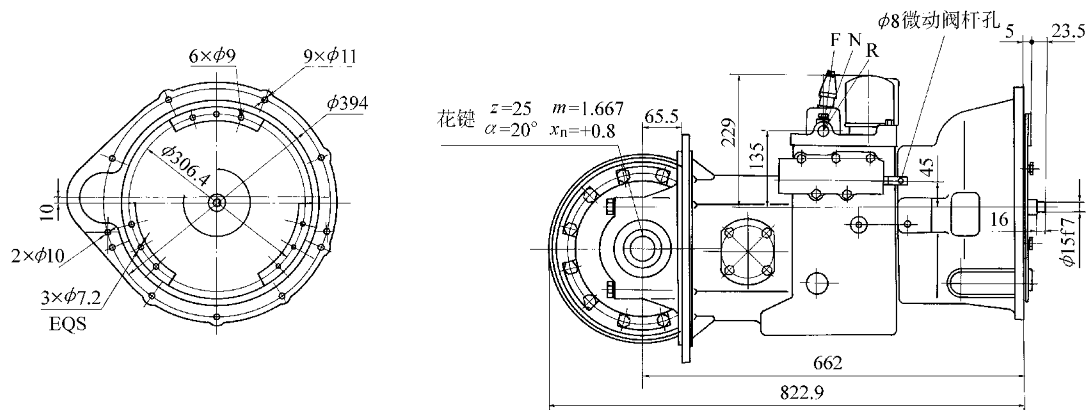


图 24.3-118　YQX25H 型液力传动变速器

表 24.3-5　液力传动装置的产品型号、规格、技术参数

型号	液力变矩器型号	匹配动力机或功率范围/kW	外形尺寸	传动比 1挡	传动比 2挡	传动比 3挡	传动比 4挡	主传动或螺旋伞齿轮数比	换档油压/MPa	润滑油压/MPa	应用主机	生产厂
YQX25H	YJH265 YBQ265B	4JG2PE 490	见图 24.3-118 结构简图见图 24.3-119	前 17.497 后 17.497				传动比包含主传动			1.8、2.0、2.5 或 3.0t 叉车	湖南中南传动机械厂
YJB240	D240	490Q	见图 24.3-120	前 2.797 后 2.864				6.667			2.0 或 3.0t 叉车	大连液力机械总厂
YQX45H	YJH315 YJ280	R4105G	见图 24.3-121	前 20.471 后 17.272	前 13.571			传动比包含主传动			4.5t 叉车	湖南中南传动机械厂
BYDS2205	YJ280	40 ~ 50	见图 24.3-122	前 2.154 后 2.207	前 0.768 后 0.785				1.2 ~ 1.5	0.15 ~ 0.25	1.0、1.5、1.6 或 1.8t 装载机	山推股份公司液力变矩器厂
BD05N（带制动器）	YJ280	40 ~ 50	见图 24.3-123	前 2.469 后 2.524	前 0.878 后 0.898				1.2 ~ 1.5	0.15 ~ 0.25		
ZL10/15	YJ265	40 ~ 50	见图 24.3-124	前 2.159 后 2.207	前 0.762 后 0.796				1.37 ~ 1.57	0.15 ~ 0.25	1.0 或 1.5t 装载机	四川齿轮厂
	YJ280			前 2.469 后 2.524	前 0.878 后 0.898							
SZ1602	YJ280	40 ~ 50	见图 24.3-125	前 2.159 后 2.208	前 0.768 后 0.785				1.4 ±0.1	0.2 ±0.05	50kW 以下的小型工程机械和起重运输机械	天津天工实业公司
YJB323A	FB_3323		见图 24.3-126	前 2.797 后 2.864				5.428			3.5 或 4.5t 叉车	大连液力机械总厂
YQX100H3	YJH315	LR6105	见图 24.3-127	前 1.852 后 1.852	前 0.642 后 0.642						10t 叉车	湖南中南传动机械厂
YYX20C	YJH265	JX493Q1	见图 24.3-128 结构简图见图 24.3-129	前 3.512 后 2.873	前 1.875						20kN 牵引车	湖南中南传动机械厂
YYX25 YYXZ25（自动换档）	YJH265	JX493Q1	见图 24.3-130	前 4.582 后 2.696	前 2.304						25kN 牵引车 25kN 牵引车（自动换档）	
ZL20A	YJ280 YJ315	4105 6105	见图 24.3-131	前 2.96 后 2.61	前 1.78 后 0.804	前 1.105	前 0.665		1.1 ~ 1.5	0.15 ~ 0.25	2.0 或 3.5t 装载机等工程机械	杭州前进齿轮箱集团有限公司
BS428				前 3.82 后 3.05	前 2.08 后 0.87	前 1.09	前 0.59					
3D85	YJ315	YC6108G NT4135GR	见图 24.3-132	前 3.715 后 3.546	前 1.838 后 1.754	前 0.695 后 0.663			1.7 ~ 1.9	0.18 ~ 0.2	3.0t 装载机 16t 振动压路机	徐州良羽传动机械有限公司
TG100D6-1	TG280	LR4105G9A	见图 24.3-133	前 2.790 后 2.790	前 1.334 后 1.334	前 0.522 后 0.522			1.5 ~ 1.6	0.15 ~ 0.2	1.6 或 2.0t 装载机	天津天工实业公司
TG100D6-2 （TG100D6-3）	TG280 TG315	LR4105G9A LR6105G9A	见图 24.3-133	前 3.396 后 3.396	前 1.727 后 1.727	前 0.654 后 0.654			1.5 ~ 1.6	0.15 ~ 0.2	PY80 平地机 3.0t 装载机	
ZL30E	YJ51502	6105	见图 24.3-134	前 3.357 后 3.204	前 1.660 后 1.585	前 0.628 后 0.598			1.4	0.1 ~ 0.15	3.0t 装载机	四川齿轮厂
3D120	YJ315 YJ340	6BT5 · 9A	见图 24.3-135	前 3.176 后 3.077	前 1.617 后 1.567	前 0.88 后 0.85			1.5 ~ 1.7	0.18 ~ 0.2	4.0t 装载机 18 ~ 20t 振动压路机	徐州良羽传动机械有限公司

（续）

型号	液力变矩器型号	匹配动力机或功率范围/kW	外形尺寸	传动比					换档油压/MPa	润滑油压/MPa	应用主机	生产厂
				1挡	2挡	3挡	4挡	主传动或螺旋伞齿轮数比				
966E	E3610AAA	160kW（2200r/min）	见图24.3-136	前5.61 后4.91	前3.14 后2.75	前1.77 后1.55	前1.00 后0.78		2.55	0.14	966E装载机 5.0t装载机	四川齿轮厂
3D140	YJ355	6135K9C D6114	见图24.3-137	前4.157 后4.165	前2.173 后2.178	前0.777 后0.779			1.7~1.9	0.18~0.2	5.0t装载机，22t振动压路机，PY180平地机	徐州良羽传动机械有限公司
4D180	YJ355	6135K9C D6114	见图24.3-138	前4.287 后4.169	前2.263 后2.201	前1.230 后1.197	前0.650 后0.651	22.61~23.50	1.7~1.9	0.18~0.2	4.0，5.0t装载机，PY180平地机	徐州良羽传动机械有限公司
980C	E4008	198kW（2100r/min）	见图24.3-139	前6.62 后5.80	前3.71 后3.24	前2.09 后1.83	前1.18 后1.03		2.55	0.17	8.0t装载机	四川齿轮厂
TY130B	YJ355		见图24.3-140	前3.088 后2.550	前1.677 后1.385	前1.001 后0.826					TY130推土机	山推股份公司液力变矩器厂
TY160B 16Y-15 TY160	YJ380		见图24.3-141 结构简图见图24.3-142	前2.08 后1.60	前1.176 后0.902	前0.710 后0.546		15/40	2.0~2.4	0.05~0.18	TY160推土机	山推股份公司液力变矩器厂，杭州前进齿轮箱集团有限公司，四川齿轮厂
TY165（D85X）	YJ380	131kW（1900r/min 1650N·m）	见图24.3-143	前2.508 后2.097	前1.330 后1.101	前0.727 后0.601		19/40	2.4	0.05~0.1	TY160推土机	四川齿轮厂
D85A-16	YJ380	120kW（1850r/min）	见图24.3-143	前2.89 后2.40	前1.53 后1.27	前0.84 后0.69		19/40	2.5	0.02~0.12	TY160推土机	杭州前进齿轮箱集团有限公司
TY220	YJ409 TY220	162kW（1800r/min 2050N·m）	见图24.3-144	前2.33 后1.94	前1.24 后1.03	前0.68 后0.56		21/49	2.4	0.05~0.10	TY220推土机，230HP推土机	四川齿轮厂 内蒙第一机械制造（集团）公司第四分公司
TY230A	YJ409 TY230	169kW（2000r/min 2486N·m）	见图24.3-145	前2.33 后1.78	前1.27 后0.957	前0.727 后0.566		21/49	3.6	0.06~0.14	TY230推土机	四川齿轮厂
TY320	YJ435 TY435	235kW（2000r/min 2783N·m）	见图24.3-146 结构简图见图24.3-147	前2.857 后2.360	前1.58 后1.25	前0.83 后0.68		21/49	1.4	0.1~0.15	TY320推土机	四川齿轮厂 杭州前进齿轮箱集团有限公司

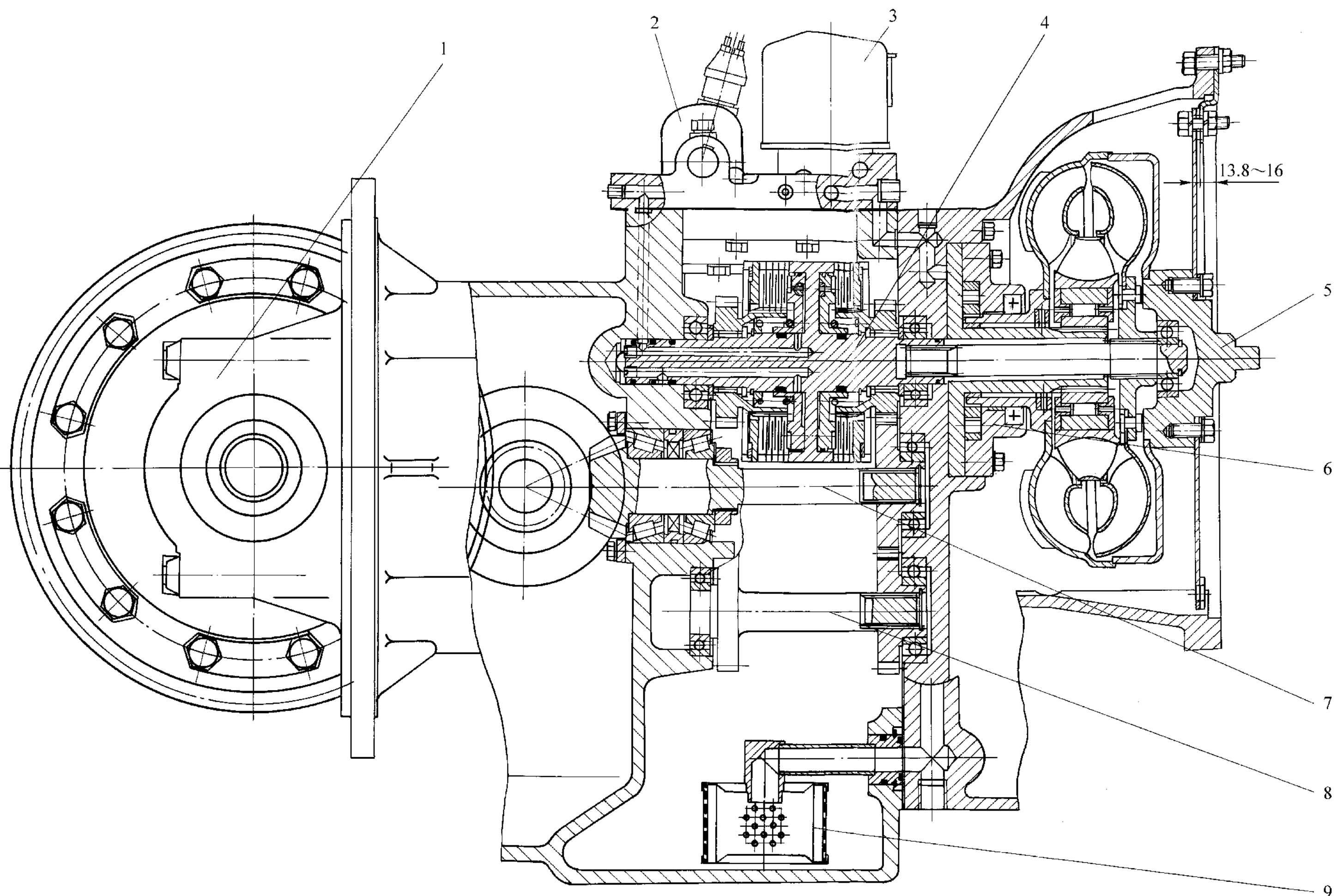


图 24. 3-119　YQX25H 液力传动变速箱结构图

1—差速器　2—操纵阀　3—过滤器　4—离合器　5—液力变矩器　6—液压泵　7—输出齿轮轴　8—惰轮轴　9—过滤器

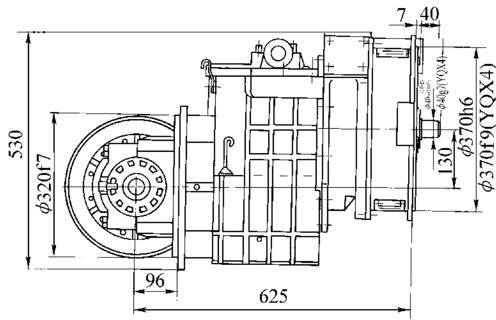


图24.3-120 YJB240液力传动装置

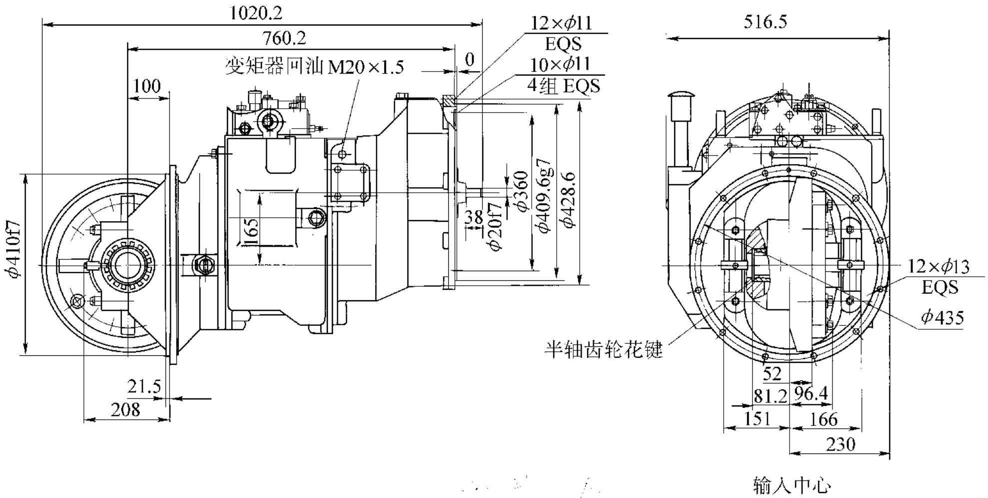


图24.3-121 YQX45H液力传动变速器

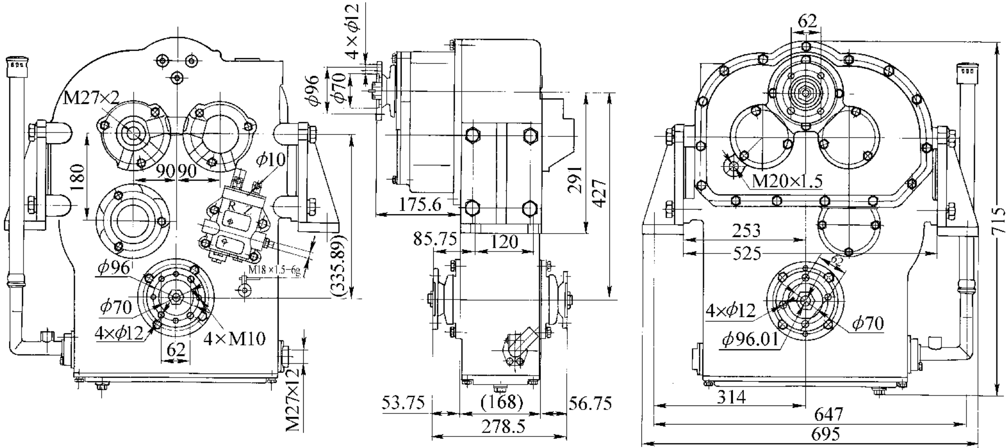


图24.3-122 YBDS2205液力传动变速器

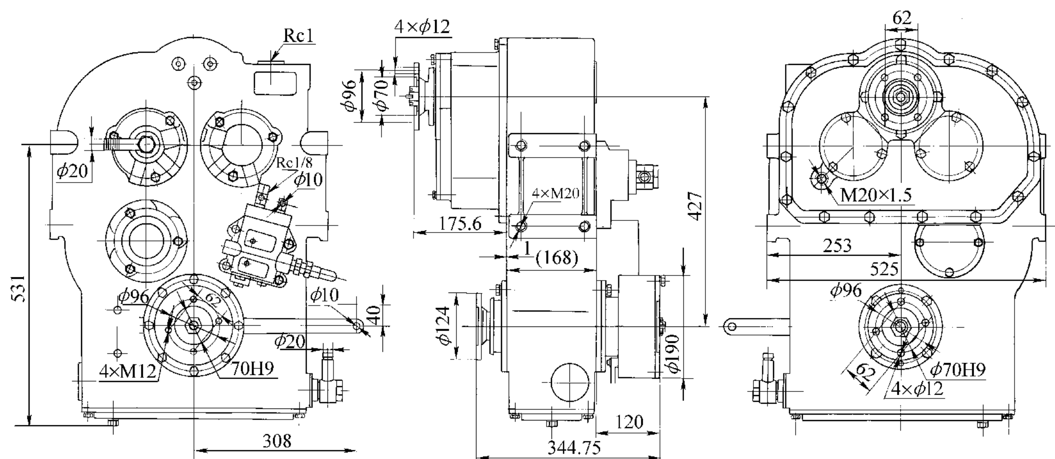


图 24. 3-123　BD05N 液力传动变速器

图 24. 3-124　ZL10/15 液力传动变速器

图 24. 3-125　SZ1602 液力传动变速器

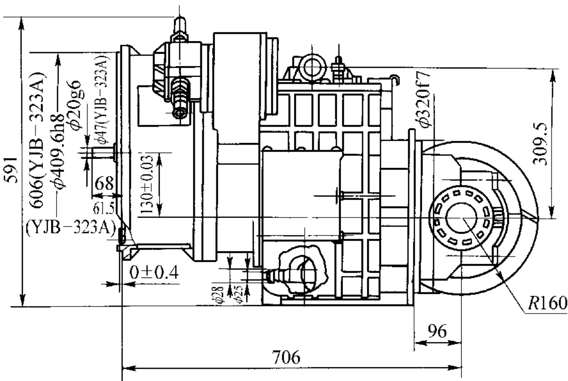


图 24.3-126 YJB323A 液力传动装置

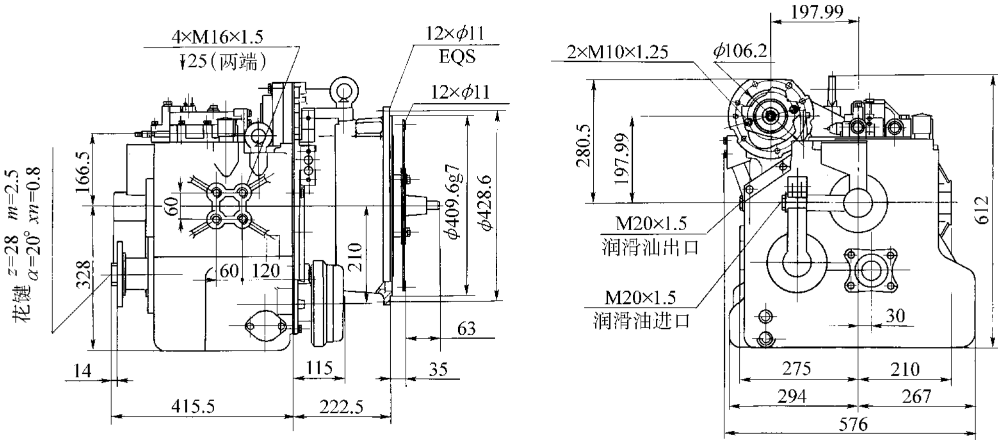


图 24.3-127 YQX100H3 液力传动变速器

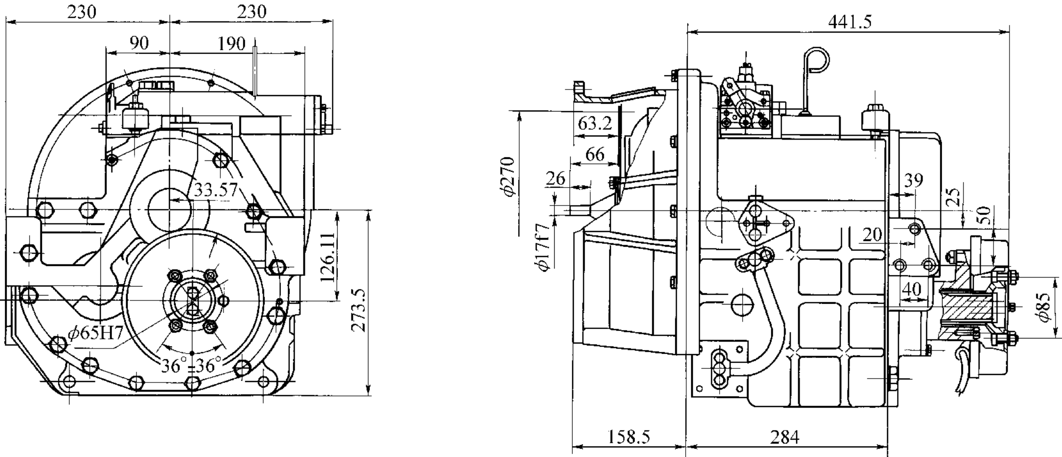


图 24.3-128 YYX20C 液力传动变速器

图 24. 3-129　YYX20C 液力传动变速器结构图

1—液力变矩器　2—涡轮轴　3—液压泵　4—离合器轴　5—驻车制动器　6—输出法兰　7—输出轴　8—输出齿轮

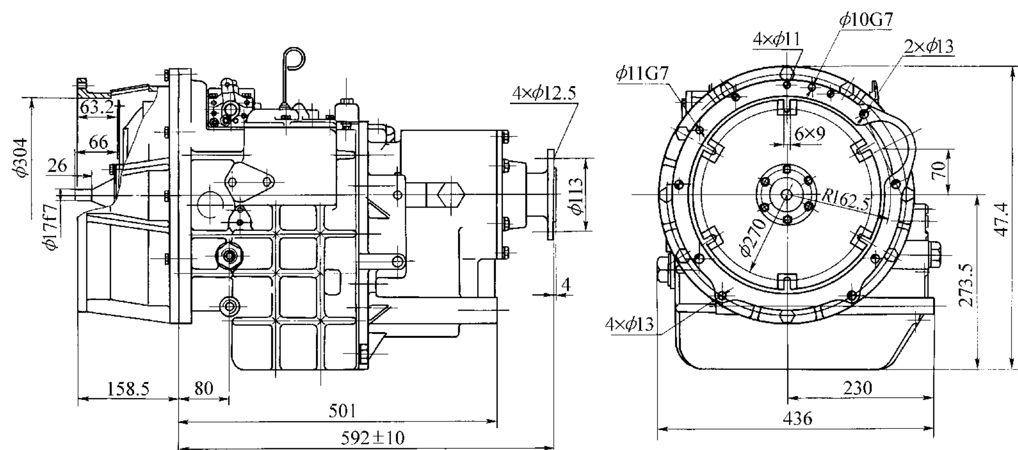


图 24. 3-130　YYX25、YYXZ25 液力传动变速器



图24.3-131 ZL20(BS428)液力机械变速器



图24.3-132 3D85液力机械变速器

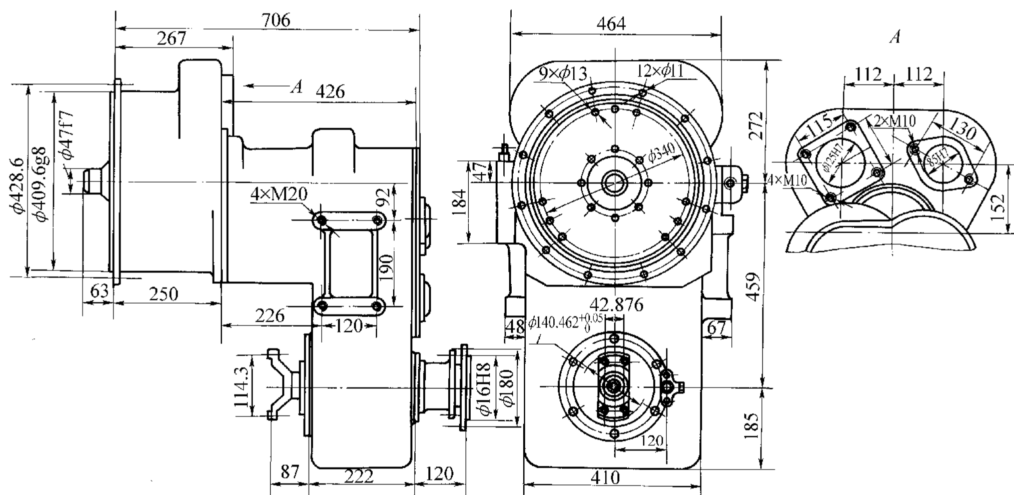


图 24. 3-133　TG100D6-1、TG100D6-2、TG100D6-3 液力传动装置

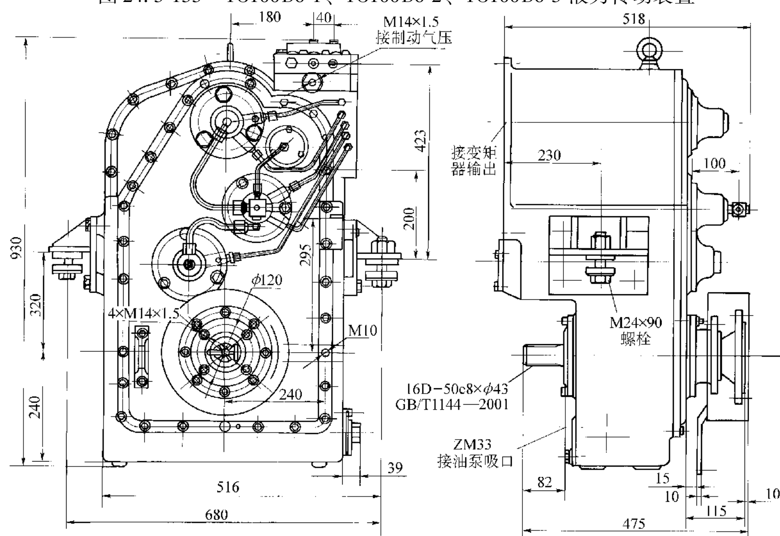


图 24. 3-134　ZL30E 液力传动变速器

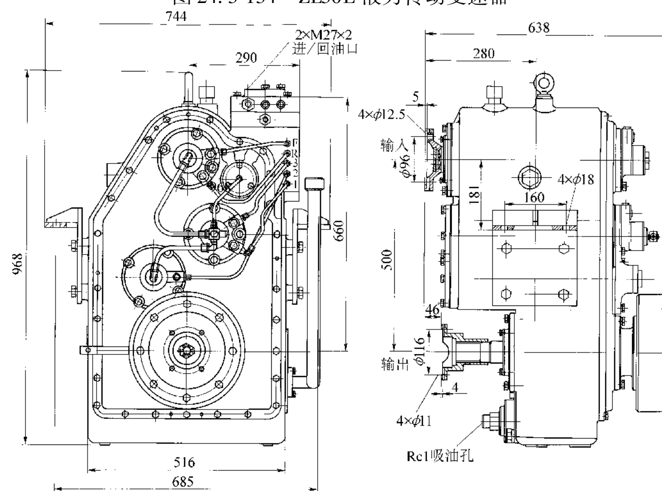


图 24. 3-135　3D120 液力传动变速器



图 24. 3-136　966E 液力传动装置

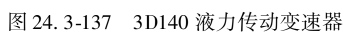


图 24. 3-137　3D140 液力传动变速器

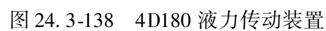


图 24. 3-138　4D180 液力传动装置

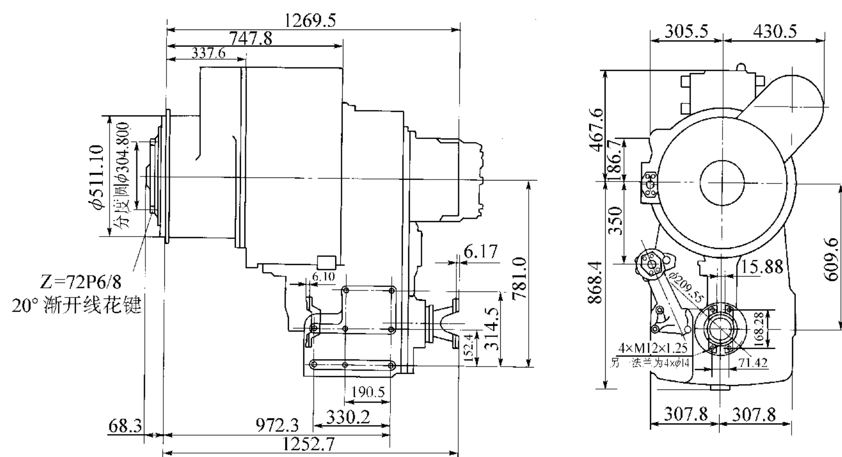


图24.3-139　980C液力传动装置

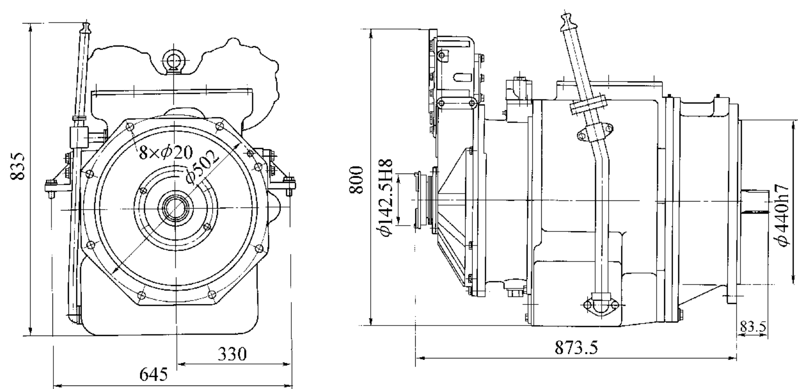


图24.3-140　TY130B液力传动装置

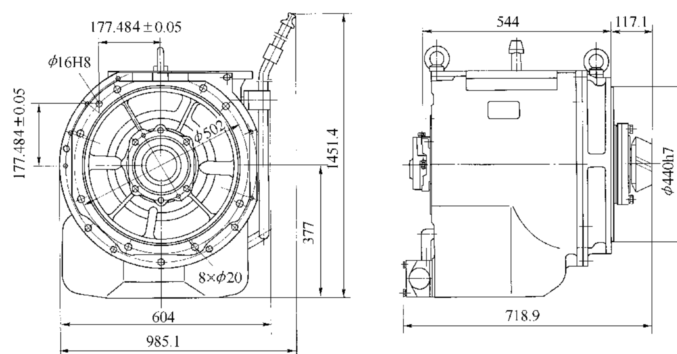


图24.3-141　TY160B液力传动变速器

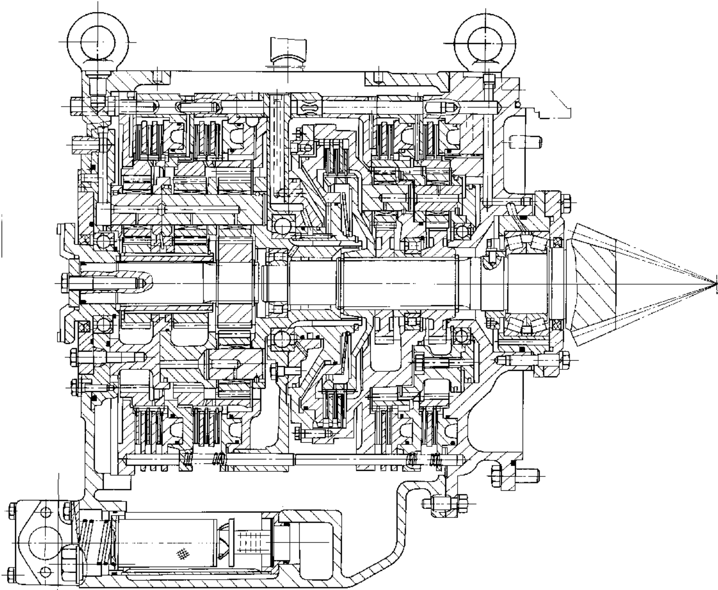
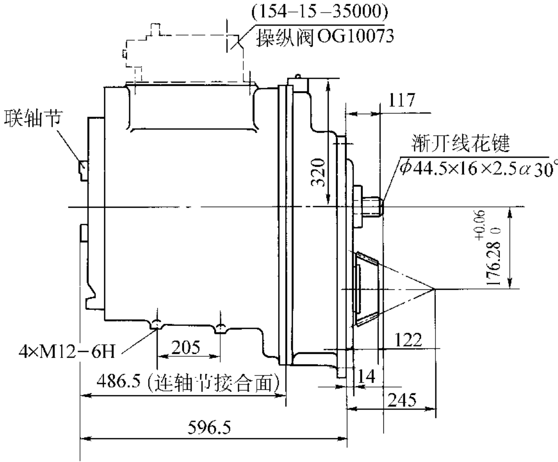


图 24. 3-142 TY160B 液力传动变速器结构图



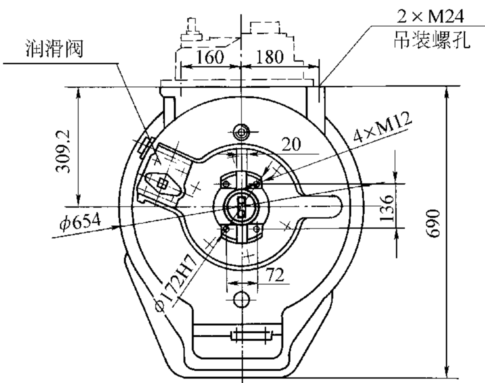
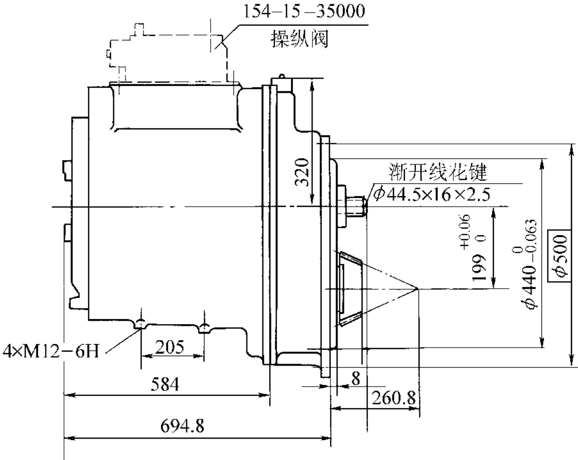


图 24. 3-143 TY165、D85A-16 液力传动变速器



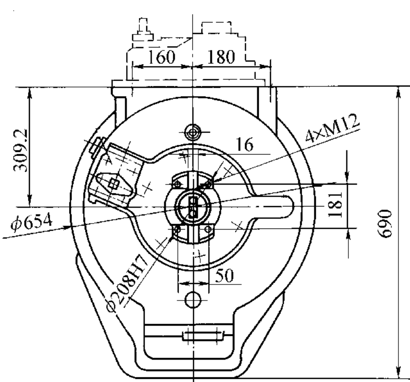


图 24. 3-144 TY220 液力传动变速器

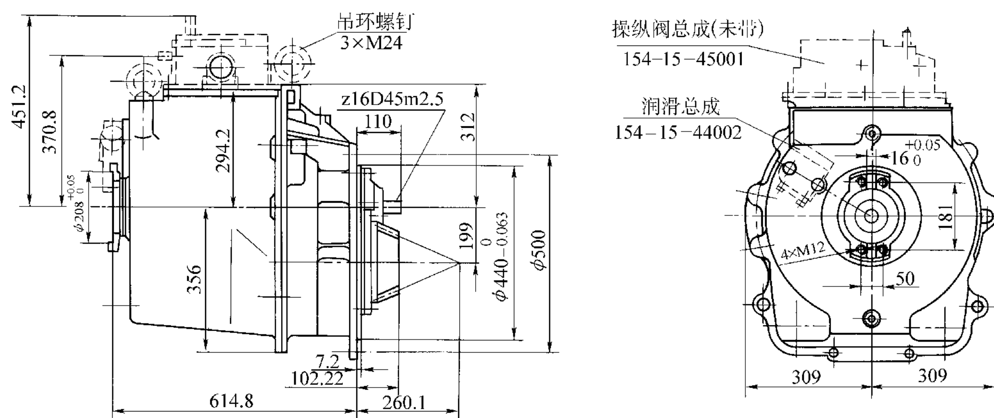


图 24. 3-145　TY230A 液力传动变速器

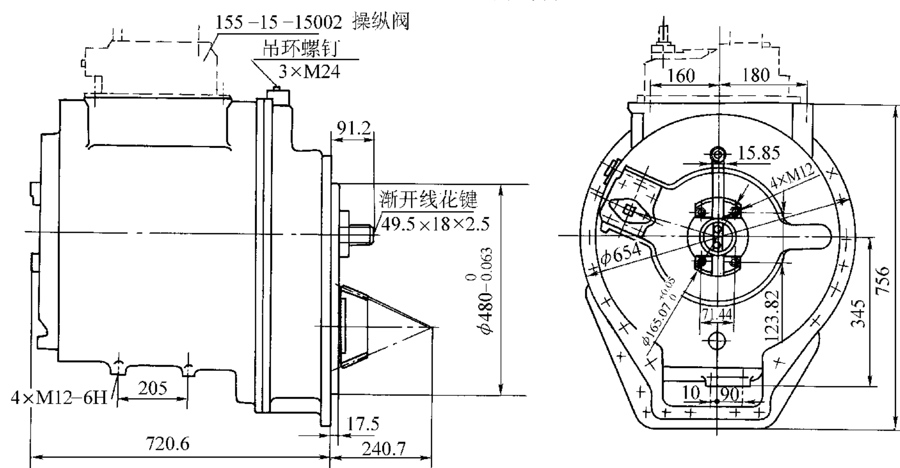


图 24. 3-146　TY320 液力传动变速器

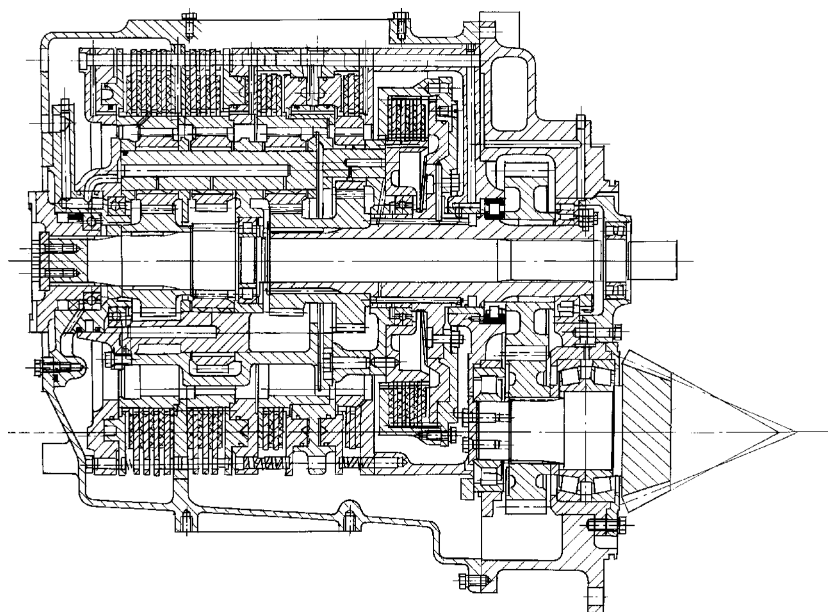


图 24. 3-147　TY320 液力传动变速器结构

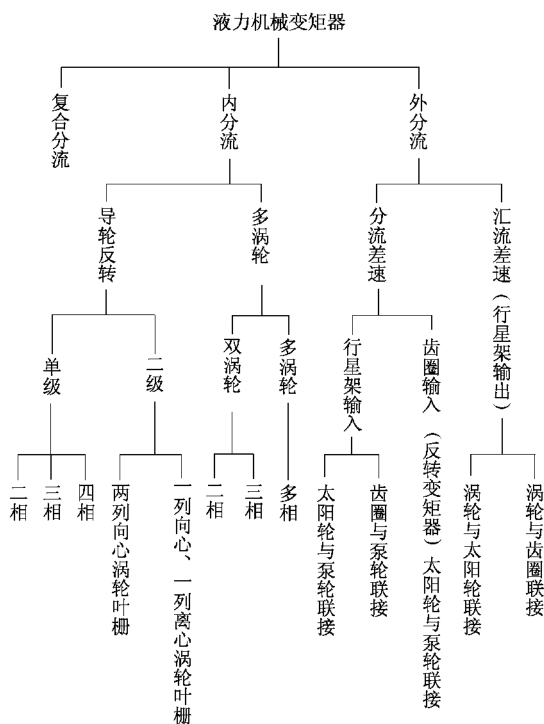
第 4 章　液力机械变矩器

1　液力机械变矩器的分类

由液力变矩器和二自由度的机械元件组成的双流或多流液力传动元件称为液力机械变矩器。它把输入动力流分流，然后经过汇流后输出。

按照动力分流是在液力机械变矩器的液力元件内部实现、外部实现或内外复合实现，分为内分流、外分流和复合分流三类。

液力机械变矩器的分类如下：



1.1　内分流液力机械变矩器

内分流液力机械变矩器由液力变矩器和机械元件组成，动力流在变矩器内部的叶轮中分流，在机械元件中汇流。

内分流液力机械变矩器按照变矩器内部动力分流结构形式的不同，分为导轮反转和多涡轮内分流液力机械变矩器两类。

1.1.1　导轮反转内分流液力机械变矩器

导轮反转内分流液力机械变矩器目前应用较多的有单级和二级两种，它们分别是以单级和二级液力变矩器为液力元件组成。

1）单级导轮反转内分流液力机械变矩器　单级导轮反转内分流液力机械变矩器是在单级三相液力变矩器的基础上，改变叶栅系统设计并增加齿轮汇流机构组成。图 24. 4-1a 为单级导轮反转液力机械变矩器的运动学简图，图 24. 4-1b 表示不同工况下第一导轮入口液流的来流方向，图 24. 4-1c 为其无因次特性。第一导轮 1D 通过超越离合器 CH、齿轮组 C_3、C_4、C_5 与输出轴 2 连接，涡轮 T 通过齿轮副 C_1、C_2 与输出轴连接。转速比在 $i=0\sim i_x$ 工况区时，外载荷大，涡轮转速低，从涡轮出流的液流流向第一导轮叶栅叶型的工作面，液流对第一导轮的作用力矩使它朝与泵轮转向相反的方向旋转，此时超越离合器楔紧，第一导轮和涡轮按一定的速比 $\left(\frac{z_5}{z_3}\times\frac{z_1}{z_2}\right)$ 旋转，第一导轮转矩通过齿轮组放大 2 ~ 3 倍后加到涡轮轴上。与此同时，液流作用在涡轮上的转矩使涡轮朝着与泵轮转向相同的方向旋转，并通过齿轮副叠加到输出轴上。在此工况区，动力流分为两流，一流通过反转的第一导轮传递，另一流通过涡轮传递，最后两流在输出轴上汇流。当外载荷减小，涡轮转速提高，转速比在 $i>i_x$ 的工况区时，从涡轮出流的液流流向第一导轮叶栅叶型的背面，液流对它的作用使它朝着与泵轮转向相同的方向旋转，此时超越离合器松脱，第一导轮在液流中自由旋转。在此工况区中，通过第一导轮的动力流终止，仅存在通过涡轮的动力流，动力没有分流。

这种液力机械变矩器从动力分流的第一相到没有分流的第二相的过渡，是随外载荷的变化超越离合器楔紧或松脱而自动转换的，因此零速变矩系数大(4. 5 ~ 6. 0)，动力范围宽(3. 0 ~ 4. 0)，可以简化串联在它后面的变速器的排档数，简化司机的操纵。此外，由于超越离合器安装在齿轮增力机构之前，受力小，而且润滑充分，所以可靠性高。这种液力机械变矩器在工程机械上得到广泛的应用。

2）二级导轮反转内分流液力机械变矩器　二级导轮反转液力机械变矩器是在二级单相液力变矩器的基础上，增加行星差速汇流机构及其操纵系统组成。

图 24. 4-2a 为二级导轮反转液力机械变矩器运动学简图，图 24. 4-2b 为其无因次特性。导轮 D 与制动器 Z_D 和行星汇流机构的太阳轮 t 联接，行星架 j，与

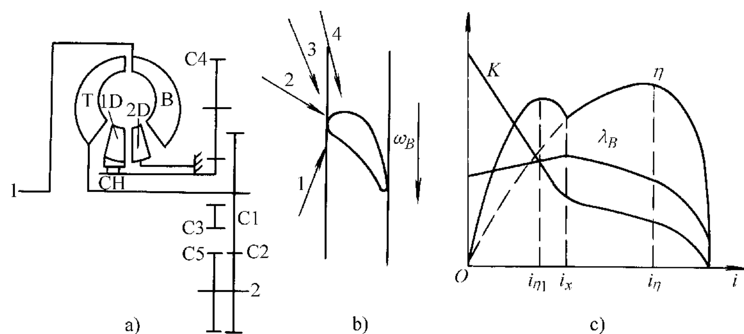


图 24.4-1　单级导轮反转内分流液力机械变矩器

a）运动学简图　b）不同工况第一导轮入口来流方向　c）无因次特性

1～4　相应 $i=0$、$i=i\eta_1$、$i=i_x$ 和 $i>i_x$ 工况的液流方向

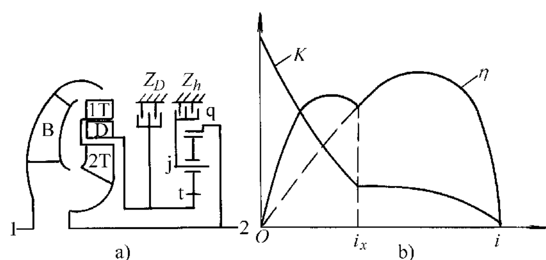


图 24.4-2　二级导轮反转内分流液力机械变矩器

a）运动学简图　b）无因次特性

制动器 Z_h 联接，齿圈 q 与输出轴 2 联接，而二级涡轮 1T、2T 与输出轴直接联接。

转速比在 $i=0\sim i_x$ 工况区，制动器 Z_D 分离，Z_h 接合，液流对导轮叶栅的作用转矩，经过行星汇流机构放大后，施加在输出轴上；而液流对二级涡轮的作用转矩则直接叠加到它上面。在此工况区，动力流在变矩器内部分流，一流通过二级涡轮传递，另一流通过导轮、行星机构传递，两流在输出轴上汇流。转速比在 $i>i_x$ 工况区，制动器 Z_D 接合、Z_h 分离，通过导轮的动力流终止仅存在通过二级涡轮的动力流。从双动力流变换到单流是由电子控制系统根据车速和油门踏板位置而自动实现。

这种液力机械变矩器起初应用在中小型内燃机车上，随着市场的扩展，进一步得到改进和完善，逐渐推广应用到旅游车、公共汽车、长途汽车、中型、重型卡车和特种车辆上。

1.1.2　多涡轮内分流液力机械变矩器

多涡轮液力机械变矩器根据独立运转的涡轮的个数，有双涡轮和三涡轮液力机械变矩器两类。动力流在若干涡轮中分流，在机械元件中汇流。

图 24.4-3a 为双涡轮液力机械变矩器的运动学简图。图 24.4-3b 为其无因次特性。第二涡轮 2T 通过齿轮副 C_1、C_2 与输出轴 2 连接，第一涡轮 1T 通过齿轮副 C_3、C_4 和超越离合器 CH 与输出轴联接。转速比在 $i=0\sim i_x$ 工况区，液流对第一和第二涡轮叶栅的作用转矩使它们均朝与泵轮转向相同的方向旋转，由于超越离合器存在，它楔紧，于是齿轮 C_4 和 C_2 同速旋转，而涡轮 1T 和 2T 按一定的速比 $\left(\frac{z_4}{z_3}\cdot\frac{z_1}{z_2}\right)$旋转。在此工况区，动力流一流通过第二涡轮传递，另一流通过第一涡轮传递，两流在输出轴上汇流。随着外载荷的减小，第二涡轮转速提高，转速比在 $i\geqslant i_x$ 的工况区，齿轮 C_2 的转速超过 C_4，CH 脱开，第一涡轮在液流中自由旋转。此时，通过 1T 的动力流终止，仅存在通过 2T 的动力流。

这种液力机械变矩器的特性类似单级导轮反转液力机械变矩器的特性，只是超越离合器承受的转矩是第一涡轮经过齿轮机构放大后的转矩$\left(放大\frac{z_4}{z_3}倍\right)$，而且它位于变矩器的外部，润滑条件不太好，因此超越离合器可靠性较差。

双涡轮液力机械变矩器在轮式装载机上得到广泛的应用。

三涡轮液力机械变矩器实际上是一台液力传动装置。曾于 20 世纪 50 年代广泛应用于高级小轿车。

1.2　外分流液力机械变矩器

外分流液力机械变矩器按照动力流在差速器中的分流或汇流，分为分流差速液力机械变矩器和汇流差速液力机械变矩器两类。

分流差速液力机械变矩器按照差速器的三构件与输入构件、变矩器泵轮和涡轮的不同联接的组合，可实现六种（$C_3^1\cdot C_2^1=6$）方案。汇流差速液力机械变矩器按照差速器的三构件与输出构件、变矩器泵轮和涡轮的不同联接的组合，也可实现六种方案。

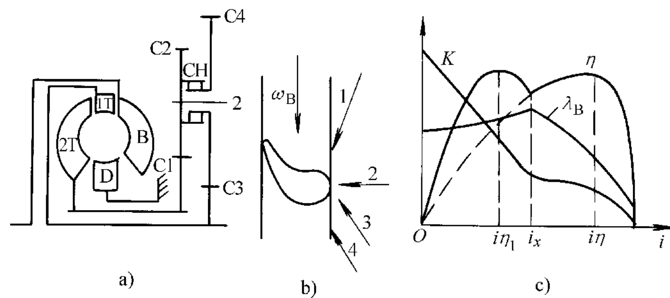


图 24.4-3　双涡轮内分流液力机械变矩器

a）运动学简图　b）不同工况第一涡轮叶栅入口来流方向　c）无因次特性

1～4　相应 $i=0$、$i=i\eta_1$、$i=i_x$ 和 $i>i_x$ 工况的液流方向

上述十二种方案中，只有行星架与输入构件或输出构件联接的四种方案由于实现动力分流，有实用价值，其他八种方案由于在牵引工况区存在动力循环或液力制动，降低传动效率，没有实用价值。只有在结构上采取必要的措施，避免存在动力循环和液力制动的前提下，才有可能获得应用。例如采用反转液力变矩器代替正转变矩器，可避免在牵引工况区出现液力制动；采用双星差速器作为机械元件可避免在牵引工况区出现动力循环。后者由于结构复杂，逐渐被其他较简单的方案所取代。

图 24.4-4a、b 为分流差速液力机械变矩器的运动学简图，动力流在差速器中分流。图 24.4-4a 中，一流通过行星轮 t、泵轮 B、涡轮 T，另一流通过齿圈 q；图 24.4-4b 中，一流通过齿圈 q、泵轮 B、涡轮 T，另一流通过太阳轮 t、两流在输出端的结点处汇流。图 24.4-4c、d 为汇流差速液力机械变矩器的运动学简图，动力流在输入端的结点处分流。图24.4-4c 中，一流通过泵轮 B、涡轮 T、太阳轮 t，另一流通过齿圈 q；图 24.4-4d 一流通过泵轮 B、涡轮 T、齿圈 q，另一流通过太阳轮 t，两流在差速器中汇流。

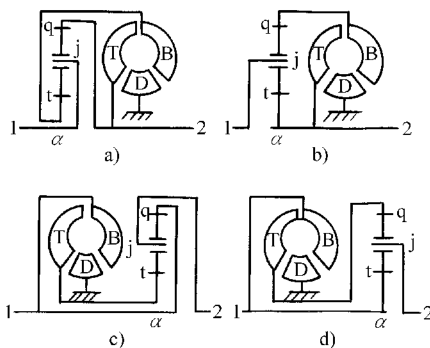


图 24.4-4　外分流液力机械变矩器运动学简图

a)、b）分流差速液力机械变矩器

c)、d）汇流差速液力机械变矩器

图 24.4-5a、b 为分流差速液力机械变矩器的转速比和相对功率平面图。从图可见在转速比 $i_{21}=0\sim1.0$ 的牵引工况区内，液力流（$\overline{N}_B$）从起动时的最大（$\overline{N}_B=1.0$），随着转速比 i_{21} 的增大而减小，而机械流（$\overline{N}_2'$）从起动时的最小（$\overline{N}_2'=0$），逐渐增大。两流的分配比例与差速器参数 α 有关，而在相同的参数 α 下，图 24.4-5a 机械流所占的比例 $\overline{N}_2'=\dfrac{\alpha}{1+\alpha}$（$i_{21}=1.0$ 时）大于图 24.4-5b 的 $\left(\overline{N}_2'=\dfrac{1}{1+\alpha}\right)$。

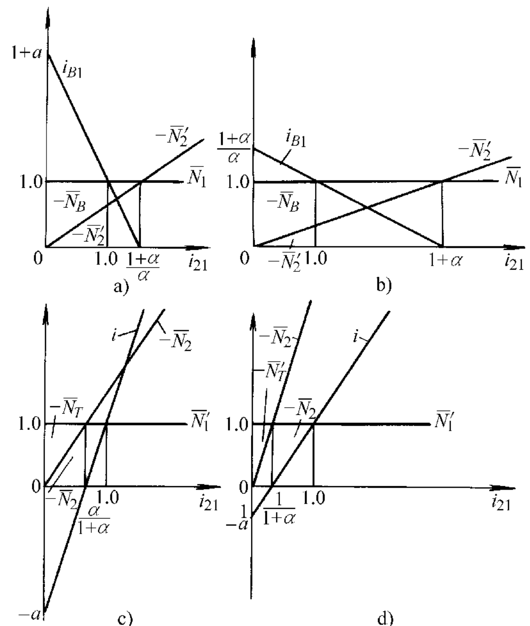


图 24.4-5　外分流液力机械变矩器的转速比平面图和相对功率平面图

a)、b）分流差速液力机械变矩器

c)、d）汇流差速液力机械变矩器

图 24.4-5c、d 为汇流差速液力机械变矩器的转速比平面图和相对功率平面图。图 24.4-5c$i_{21}=0\sim\dfrac{\alpha}{1+\alpha}$内，图24.4-5d$i_{21}=0\sim\dfrac{1}{1+\alpha}$内，$i_{T1}$ 为负值，即涡

表 24.4-1 外分流液力机械变矩器特性参数的计算公式

方案	分流差速液力机械变矩器			汇流差速液力机械变矩器	
	行星架输入		齿圈输入	行星架输出	
简图					
转速比 i_{21}	$\dfrac{(1+\alpha)\ i}{1+\alpha i}$	$\dfrac{(1+\alpha)\ i}{\alpha+i}$	$\dfrac{\alpha i}{i\ (1+\alpha)\ -i_{T2}}$	$\dfrac{\alpha+i}{1+\alpha}$	$\dfrac{1+\alpha i}{1+\alpha}$
变矩系数 K_{yj}	$\dfrac{K+\alpha/\eta_x}{1+\alpha/\eta_x}$	$\dfrac{1+K\alpha\eta_x}{1+\alpha\eta_x}$	$1+\dfrac{1}{\alpha}\eta_x\ (1-\eta_j i_{T2}K)$	$\dfrac{1+\alpha/\eta_x}{1/K+\alpha/\eta_x}$	$\dfrac{K\ (1+\alpha\eta_x)}{K+\alpha\eta_x}$
效率 η_{yj}	$\dfrac{(K+\alpha/\eta_x)\ (1+\alpha)\ i}{(1+\alpha/\eta_x)\ (1+\alpha i)}$	$\dfrac{(1+\alpha)\ i\ (1+K\alpha\eta_x)}{(\alpha+i)\ (1+\alpha\eta_x)}$	$\dfrac{i\ [\alpha+\eta_x\ (1-\eta_j i_{T2}K)]}{(1+\alpha)\ i-i_{T2}}$	$\dfrac{(\alpha+i)\ (1+\alpha/\eta_x)}{(1+\alpha)\ (1/K+\alpha/\eta_x)}$	$\dfrac{K\ (1+\alpha\eta_x)\ (1+\alpha i)}{(K+\alpha\eta_x)\ (1+\alpha)}$
泵轮相对转速 n_B/n_1	$\dfrac{1+\alpha}{1+\alpha i}$	$\dfrac{1+\alpha}{i+\alpha}$	$\alpha/\eta_x\left[\dfrac{i\ (1+\alpha)}{i_{T2}}-1\right]$	1.0	1.0
扭矩系数比 λ_{yj}/λ_B	$\dfrac{(1+\alpha)^2\ (1+\alpha/\eta_x)}{(1+\alpha i)^2}$	$\dfrac{(1+\alpha)^2\ (1+\alpha\eta_x)}{(i+\alpha)^2}$	$\alpha^3/\eta_x\left[\dfrac{i\ (1+\alpha)}{i_{T2}}-1\right]^2$	$1+K\alpha/\eta_x$	$1+K/\alpha\eta_x$
透穿数 T_{yj}	$(1+\alpha i_h)^2\lambda_{B0}/\lambda_{Bh}$	$(1+i_h/\alpha)^2\lambda_{B0}/\lambda_{Bh}$	$\left[\dfrac{i^{①}\ (1+\alpha)\ -i_{T2}}{i_{T2}}\right]^2\lambda_{B0}/\lambda_B^{①}$	$\dfrac{(1+K^{②}\alpha/\eta_x)}{(1+\alpha/\eta_x)}\lambda_B^{②}/\lambda_{Bh}$	$\dfrac{(K^{②}+\alpha\eta_x)^{②}}{(1+\alpha\eta_x)}\lambda_B/\lambda_{Bh}$
泵轮相对功率 $\overline{N}_B$	$\dfrac{(1+\alpha)}{(1+\alpha i)\ (1+\alpha/\eta_x)}$	$\dfrac{(1+\alpha)}{(i+\alpha)\ (1+\alpha/\eta_x)}$	$\eta_x\Big/\left[\dfrac{i\ (1+\alpha)}{i_{T2}}-1\right]$	$\dfrac{1}{1+K\alpha/\eta_x}$	$\dfrac{\alpha\eta_x}{K+\alpha\eta_x}$
方案的性能特点	1. 功率分流 2. 最高效率提高、最高 3. 零速变矩系数减小，小 4. 透穿数增大，最大 5. 泵轮相对功率随车速的提高而减小 6. 泵轮转速提高，最高 7. 能容增大，最大	1. 功率分流 2. 最高效率提高，中 3. 零速变矩系数减小，中 4. 透穿数增大，中 5. 泵轮相对功率随车速的提高而减小 6. 泵轮转速提高，高 7. 能容增大，大	1. 功率分流 2. 最高效率提高，低 3. 零速变矩系数增大，最大 4. 透穿数变负为正，中 5. 泵轮相对功率随车速的提高而减小 6. 泵轮转速反向、提高、最高 7. 能容增大，最小	1. $i_{21}<\dfrac{\alpha}{1+\alpha}$工况区为液力制动，$i_{21}>\dfrac{\alpha}{1+\alpha}$工况区为功率分流 2. 最高效率提高，最高 3. 零速变矩系数减小，最小 4. 透穿数增大，中 5. 泵轮相对功率随车速的提高而增大 6. 泵轮转速同输入轴 7. 能容增大，大	1. $i_{21}<\dfrac{\alpha}{1+\alpha}$工况区为液力制动，$i_{21}>\dfrac{\alpha}{1+\alpha}$工况区为功率分流 2. 最高效率提高，高 3. 零速变矩系数减小，中 4. 透穿数增大，小 5. 泵轮相对功率随车速的提高而增大 6. 泵轮转速同输入轴 7. 能容增大，小
说明	η_x—行星差速器效率　i_{T2}—涡轮输出齿轮传动比　η_j—涡轮输出齿轮传动效率				

① 泵轮制动瞬时，变矩器工况的相应参数　② $i_{21}=0$ 工况，变矩器相应的参数。

轮与泵轮反转，变矩器处于反转制动工况区，是不利因素。但图 24.4-5d 的液力制动区小，影响较小，应用较广。超越液力制动区后，i_{T1} 为正值，且 $i_{T1}<1.0$，在此区内动力分流。开始时液力流最小（$\overline{N}_T=0$），机械流 $\overline{N}_1{}'=1.0$，随着转速比 i_{21} 的增大，液力流增大，而机械流保持 $\overline{N}_1{}'=1.0$。在 $i_{21}=1.0$ 时，图 24.4-5c 的方案的液力流 $\overline{N}_T=\dfrac{1}{\alpha}$，而图 24.4-5d 的方案 $\overline{N}_T=\alpha$。液力流增大的值与差速器参数 α 有关，而在相同的参数 α 下，图 24.4-5d 的方案液力流所占的比例大于图 24.4-5c。图 24.4-5c 的方案由于液力制动区大，且动力分流区的液力流所占的比例小，故此方案在工业上未见应用。

图 24.4-6a 为采用反转液力变矩器避免液力制动的分流差速液力机械变矩器的运动学简图。动力流在差速器中分流，一流通过太阳轮 t、泵轮 B、涡轮 T、齿轮 C_1、C_2、超越离合器 CH、齿轮 C_3、C_4，另一流通过行星架 j，两流在输出轴 2 上汇流。图 24.4-6b 为其转速比平面图和相对功率平面图。转速比在 $i_{21}=0\sim\dfrac{\alpha}{1+\alpha}$ 区，i_{B1} 为负，i_{21} 为正，泵轮与涡轮反向旋转，恰好采用反转变矩器，从而避免液力制动；但在 $i_{21}\geqslant\dfrac{\alpha}{1+\alpha}$ 区，泵轮与涡轮同向旋转，这时反转变矩器成为液力制动器。因此有必要采取措施避免在此区内运转。图 24.4-6a 中的制动器 Z_B 和超越离合器 CH 就是为此而设置的。当转速比提高，反转变矩器处于最高效率工况区时 $\left(i_{21}=\dfrac{\alpha}{1+\alpha}\text{之前}\right)$，$Z_B$ 接合，泵轮制动，而涡轮借助 CH 而脱空，液力流终止，全部动力流通过机械流传递。

外分流液力机械变矩器特性参数的计算式及性能特点见表 24.4-1。

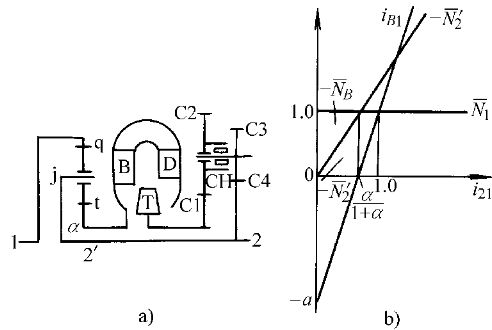


图 24.4-6　具有反转液力变矩器的分流差速液力机械变矩器

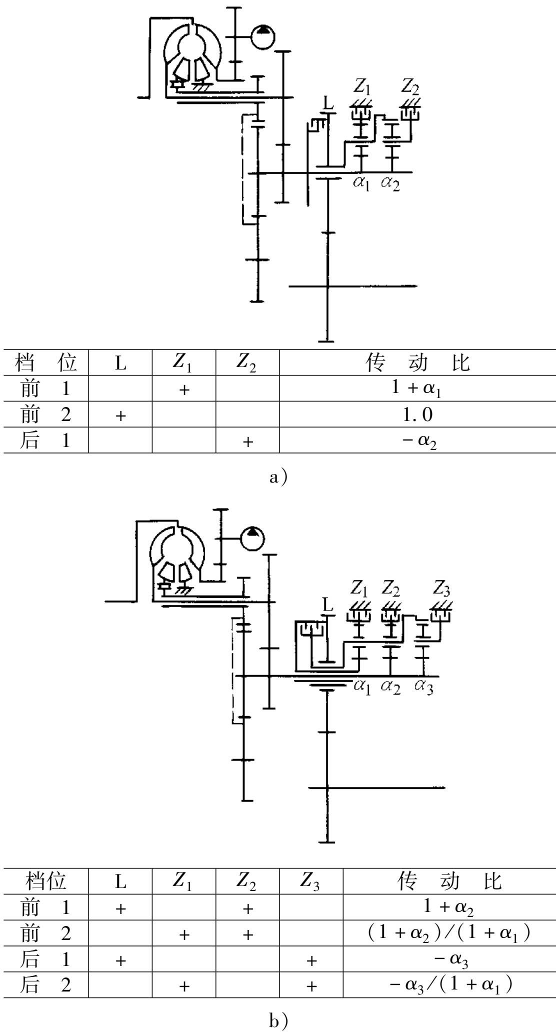
a）运动学简图　b）转速比平面图和相对功率平面图

2　液力机械变矩器的应用

2.1　内分流液力机械变矩器的应用

2.1.1　导轮反转内分流液力机械变矩器

1）单级导轮反转内分流液力机械变矩器　单级导轮反转液力机械变矩器和二自由度、三自由度的行星变速器或定轴变速器组成的液力传动装置在工程机械上得到广泛的应用。其运动学简图和各档所结合的操纵元件及传动比的计算式见图 24.4-7 和图 24.4-8。根据机器不同作业的要求，提供不同排档数和不同传动比的选择。图 24.4-7 为行星变速器，图 24.4-7a 有



档　位	L	Z_1	Z_2	传　动　比
前　1		+		$1+\alpha_1$
前　2	+			1.0
后　1			+	$-\alpha_2$

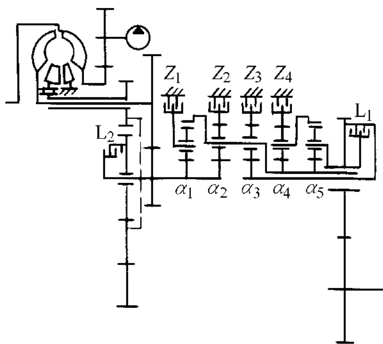
a）

档位	L	Z_1	Z_2	Z_3	传　动　比
前　1	+		+		$1+\alpha_2$
前　2		+	+		$(1+\alpha_2)/(1+\alpha_1)$
后　1	+			+	$-\alpha_3$
后　2		+		+	$-\alpha_3/(1+\alpha_1)$

b）

图 24.4-7　单级导轮反转液力机械变速器的运动学简图（行星式）、各档所接合的操纵元件和传动比的计算式

a）二前一后　b）二前二后

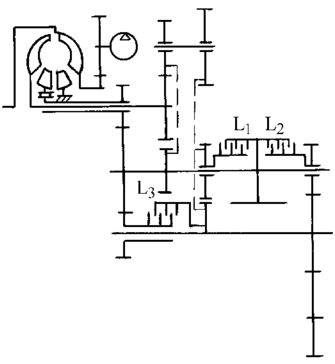


档位	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	L_1	传　动　比
前1		+		+		$(1+\alpha_2)(1+\alpha_4)(1+\alpha_5)/(1+\alpha_4+\alpha_5)$
前2		+			+	$1+\alpha_2$
前3		+	+			$(1+\alpha_2)/(1+\alpha_3)$
后1	+			+		$-\alpha_1(1+\alpha_4)(1+\alpha_5)/(1+\alpha_4+\alpha_5)$
后2	+				+	$-\alpha_1$
后3	+		+			$-\alpha_1/(1+\alpha_3)$

c)

图24.4-7　单级导轮反转液力机械变速器的运动学简图(行星式)、各档所接合的操纵元件和传动比的计算式(续)
c）三前三后

二个前进档，一个后退档，图24.4-7b前进、后退各有二个档，图24.4-7c前进、后退各有三个档。图24.4-8为定轴变速器，有二个前进档，一个后退档。



档　位	L_1	L_2	L_3
前　1		+	
前　2			+
后　1	+		

图24.4-8　单级导轮反转液力机械变矩器的运动学简图和各档所接合的操纵元件(定轴式)

单级反转导轮液力机械变速器(二前一后)的液压换档操纵系统见图24.4-9。

2）二级导轮分转内分流液力机械变矩器　二级导轮反转液力机械变矩器与二自由度行星变速器(或换向器)组成的液力传动装置广泛地应用于长途汽车、公共汽车、载重汽车和中小型内燃机车。其运动学图见图24.4-10。图24.4-10a有三个前进档位，一个后退档位，图24.4-10b有四个前进档位，一个后退档位。后者各档所接合的操纵元件和传动比的计算式见表24.4-2。

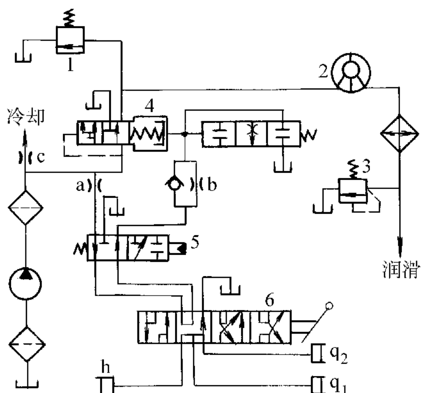
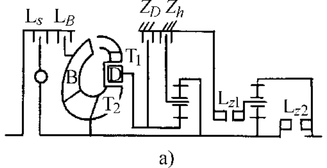
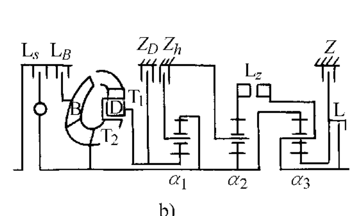


图24.4-9　单级导轮反转液力机械变速器(二前一后行星变速器)的液压换档操纵系统
1—安全阀　2—变矩器　3—润滑压力阀　4—调压阀　5—切断阀　6—换档阀　a、b、c—阻尼孔　h—后退离合器油缸　q_1、q_2—前进离合器油缸



a)



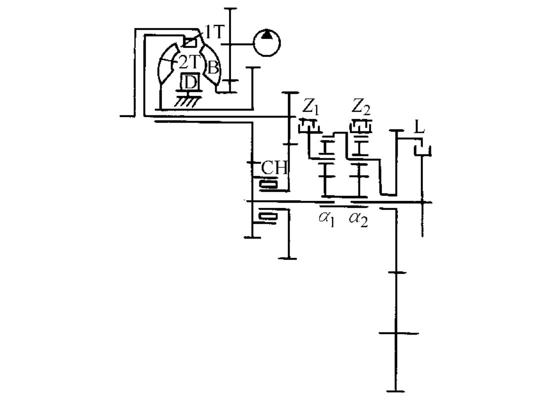
b)

图24.4-10　二级导轮反转液力机械变速器的运动学简图
a）三前一后　b）四前一后

变矩器的叶轮起液力减速的作用。图24.4-10a有三个减速运转工况，图24.4-10b有五个减速运转工况(见表24.4-2)。不同的减速运转工况组成两个液力减速级，适合不同的行驶状况使用。这种液力减速的作用均匀、平缓、无磨损。

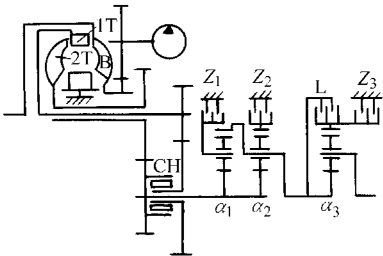
2.1.2　双涡轮内分流液力机械变矩器

双涡轮内分流液力机械变矩器与二自由度、三自由度的行星变速器组成的液力传动装置广泛地应用在轮式装载机上。其运动学简图和各档所接合的操纵元件及传动比的计算式见图24.4-11。图24.4-11a有二个前进档，一个后退档。图24.4-11b、c前进、后退各有二个档，前者高档为降速档，后者高档为超速档。变速器各档传动比可以根据用户的要求作适当的调整。



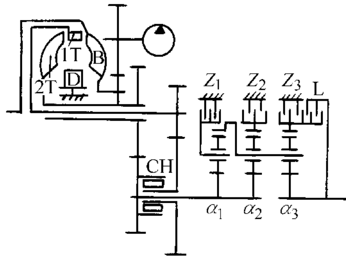
档　位	Z_1	Z_2	L	传　动　比
前　1		+		$1+\alpha_2$
2			+	1.0
后　1	+			$-\alpha_1$

a）



档　位	Z_1	Z_2	L	Z_3	传　动　比
前　1		+		+	$(1+\alpha_2)(1+\alpha_3)$
2		+	+		$(1+\alpha_2)$
后　1	+			+	$-\alpha_1(1+\alpha_3)$
2	+		+		$-\alpha_1$

b）



档　位	Z_1	Z_2	Z_3	L	传　动　比
前　1		+			$1+\alpha_2$
2		+	+		$(1+\alpha_2)/(1+\alpha_3)$
后　1	+			+	$-\alpha_1$
2	+		+		$-\alpha_1/(1+\alpha_3)$

c）

图 24.4-11　双涡轮液力机械变矩器的运动学简图和各档所接合的操纵元件及传动比的计算式
a）二前一后　b）二前二后(高档为降速档)　c）二前二后(高档为超速档)

表 24.4-2　四前一后二级导轮反转液力机械变速器各档所接合的操纵元件及传动比的计算式

档位	L_S	L_B	Z_D	Z_h	L_z	Z	L
中位						+	
前1		+		+		+	
2		+	+			+	
3	+					+	
4	+						+
后1		+		+	+		
	+	+	+				+
	+			+			+
	+			+		+	
	+	+		+			+
	+	+		+		+	

档位	变矩系数	传　动　比
中位		
前1	$K+\alpha_1(K-1)$	$(1+\alpha_3)/\alpha_3$
2	K	$(1+\alpha_3)/\alpha_3$
3		$(1+\alpha_3)/\alpha_3$
4		1.0
后1	K_1	$-\alpha_2$
	一级液力减速(高速范围)	
	一、二级液力减速(中、高速范围)	
	一、二级液力减速(低、中速范围)	
	二级液力减速(中速范围)	
	二级液力减速(低速范围)	

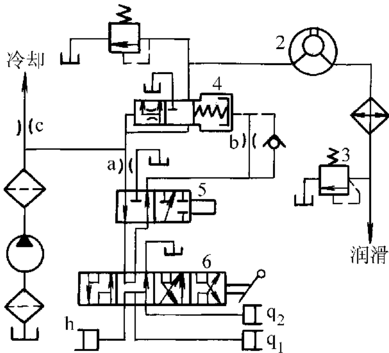


图 24.4-12　双涡轮液力机械变速器(二前一后)的液压换档操纵系统
1—安全阀　2—变矩器　3—润滑压力阀　4—调压阀　5—切断阀　6—换档阀　a、b、c—阻尼孔　h、q_1、q_2—相应后退、前1、前2离合器油缸

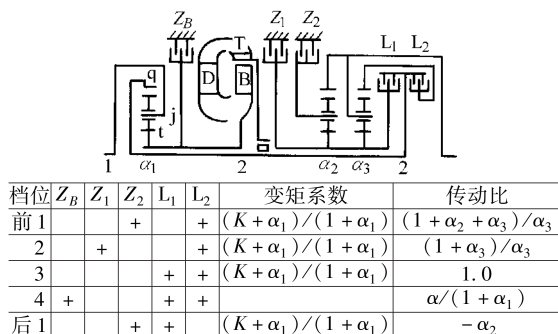
双涡轮液力机械变速器(二前一后)的液压换档操纵系统见图 24.4-12。

2.2　外分流液力机械变矩器的应用

2.2.1　分流差速液力机械变矩器的应用

1）具有正转液力变矩器的分流差速液力机械变矩器　具有正转液力变矩器的分流差速液力机械变矩器与换联式三自由度行星变速器组成的液力传动装置，多用于公共汽车和军用越野载重汽车。其运动学简图和各档

所接合的操纵元件及传动比的计算式见图24.4-13。转速比平面图和相对功率平面图见图 24.4-5a。



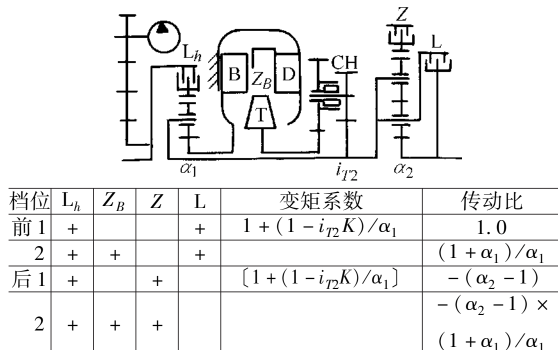
档位	Z_B	Z_1	Z_2	L_1	L_2	变矩系数	传动比
前1			+		+	$(K+\alpha_1)/(1+\alpha_1)$	$(1+\alpha_2+\alpha_3)/\alpha_3$
2		+			+	$(K+\alpha_1)/(1+\alpha_1)$	$(1+\alpha_3)/\alpha_3$
3				+	+	$(K+\alpha_1)/(1+\alpha_1)$	1.0
4	+			+	+		$\alpha/(1+\alpha_1)$
后1			+	+		$(K+\alpha_1)/(1+\alpha_1)$	$-\alpha_2$

图 24.4-13　分流差速液力机械变速器的运动学简图和各档所接合的操纵元件及传动比的计算式

车辆原地起步时，齿圈 q 不动，太阳轮 t 与泵轮以 $1+\alpha$ 倍的发动机转速与发动机同向旋转，此时机械流不发生，而液力流的相对功率最大（$|\overline{N}_B|=1.0$）。随着车速的提高，泵轮转速降低，液力流减小，机械流增大（$|\overline{N}_2'|$增大）。车速提高的同时，变矩器转速比增大，当达到换档点时，相应换入高档。

车速进一步提高，制动器 Z_B 接合，泵轮和太阳轮被制动。此时液力流终止，全部动力通过机械流传递，差速器成为增速器、速比为$\dfrac{\alpha_1}{1+\alpha_1}$。为避免中心轴驱动涡轮而产生液力制动，在涡轮与中心轴之间装有超越离合器。

2）具有反转液力变矩器的分流差速液力机械变矩器　具有反转液力变矩器的分流差速液力机械变矩器与二自由度双星行星换向器组成的液力传动装置，多应用于小吨位轮式装载机和叉车，其运动学简图和各档所接合的操纵元件及传动比的计算式见图24.4-14。转速比平面图和相对功率平面图见图 24.4-6。



档位	L_h	Z_B	Z	L	变矩系数	传动比
前1	+			+	$1+(1-i_{T2}K)/\alpha_1$	1.0
2	+	+		+		$(1+\alpha_1)/\alpha_1$
后1	+		+		$[1+(1-i_{T2}K)/\alpha_1]$	$-(\alpha_2-1)$
2	+	+	+			$-(\alpha_2-1)\times(1+\alpha_1)/\alpha_1$

图 24.4-14　具有反转液力变矩器的分流差速液力机械变速器的运动学简图和各档所接合的操纵元件及传动比的计算式

在车辆起步和低速范围$\left(0\leqslant i_{21}<\dfrac{\alpha_1}{1+\alpha_1}\right)$，滑差离合器 L_h 接合、泵轮反转（相对输入轴），而涡轮正转、传动装置处于液力机械变矩器的双流运转工况。

车速提高到接近最高车速的一半（$i_{21}=0.36\sim0.46$），制动器 Z_B 自动接合，泵轮被制动，液力流终止，仅存在机械流，差速器成为减速器，传动比为$(1+\alpha_1)/\alpha_1$。泵轮制动是根据车速和油门踏板位自动进行。功率流没有中断，由一台计量泵控制。

从前进档位挂到后退档位的瞬间，车辆由于惯性继续前进，中心轴反转，超越离合器锁止，轴流涡轮被增速，泵出的液流流经固定的导轮，起到对车辆的制动作用。反之，从后退档挂到前进档亦然。换向可以在任何车速和任何油门下进行（称为全动力换档）。车辆在长坡向下行驶时，反转液力变矩器可提供无级控制持续作用的制动力矩，这种液力制动无磨损。

这种分流差速液力机械变矩器的其他几个传动方案（其运动学简图见图 24.4-15）广泛地应用于公共汽车。有前进三个档位和四个档位之分，分别用于市内、机场公共汽车和城市间、长途公共汽车。后者有两种不同传动简图，提供不同的速比，以适应不同的道路状况。

各种方案各档所接合的操纵元件及传动比的计算式见图 24.4-15。

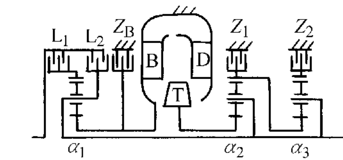
换档的控制系统为电子液压控制。自动换档的换档点决定于变速器输出轴转速和油门踏板位置。

车辆在某一档位前进行驶时，松开油门踏板，踏下制动踏板，后退档制动器即被接合，得到相应档位的液力制动。此时轴流涡轮反转（相对输入轴），作为轴流泵，泵出的液流流经制动的泵轮和固定不动的导轮，起到对车辆的制动作用。在某一档位制动时根据车速可以自动下挂到低一档，以弥补由于车速降低而下降的制动力。对于下长坡的连续制动，另有一个手动操纵杆，提供三级液力制动，每级相应变矩器内部不同的调节压力。这种液力制动反应迅速，反应时间约为 0.3s，制动过程柔和平稳、无磨损。

2.2.2　汇流差速液力机械变矩器的应用

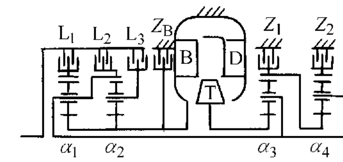
汇流差速液力机械变矩器与串联在其后的三自由度行星变速器，在履带式推土机上得到广泛应用，其运动学简图以及各档所接合的操纵元件和传动比的计算式见图 24.4-16。转速比平面图和相对功率平面图见图 24.4-5d。

车辆原地起步和处于低速范围，液力机械变矩器在$0\leqslant i_{21}\leqslant\dfrac{1}{1+\alpha}$工况区运转，在此工况区变矩器的涡轮与泵轮反向旋转，变矩器处于反转制动工况，相对功率$\overline{N}_T$为负（从汇流差速机构输入功率）。随着车速的提高，液力机械变矩器运转在$\dfrac{1}{1+\alpha}\leqslant i_{21}\leqslant1.0$ 工况区，



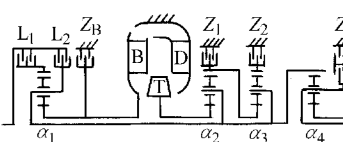
档位	L_1	L_2	Z_B	Z_1	Z_2	变矩系数	传　动　比
前1	+			+		$1+[1-(1+\alpha_2)K]/\alpha_1$	
2	+		+				$(1+\alpha_4)/\alpha_1$
3		+	+				1.0
前3减速		+	+		+		
2减速	+		+		+		
1减速			+		+		
后1	+				+	$1+[1-(1-\alpha_2\alpha_3)K]\alpha_1$	

a)



档位	L_1	L_2	L_3	Z_B	Z_1	Z_2	变矩系数	传　动　比
前1	+				+		$1+[1-(1+\alpha_3)K]/\alpha_1$	
2	+			+				$(1+\alpha_1)/\alpha_1$
3		+		+				1.0
4			+	+				$\alpha_2/(1+\alpha_2)$
前4减速			+	+		+		
3减速		+		+		+		
2减速	+			+		+		
1减速				+		+		
后1	+					+	$1+[1-(1-\alpha_3\alpha_4)\times K]/\alpha$	

b)

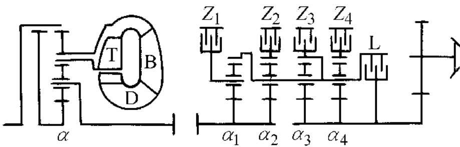


档位	L_1	L_2	Z_B	Z_1	Z_2	Z_3	L_3	变矩系数	传　动　比
前1	+			+		+		$\{1+[1-(1+\alpha_2)K]/\alpha_1\}\times(1+\alpha_4)/\alpha_4$	
2	+		+			+			$(1+\alpha_1)(1+\alpha_4)/\alpha_1\cdot\alpha_4$
3		+	+			+			$(1+\alpha_4)\alpha_4$
4		+	+				+		1.0
前4减速		+	+		+		+		
3减速		+	+		+	+			
2减速	+		+		+	+			
1减速			+		+	+			
后1	+				+	+		$\{1+[1-(1-\alpha_2\alpha_3)\times K]/\alpha_1\}\times(1+\alpha_4)/\alpha_4$	

c)

图24.4-15　具有反转液力变矩器的分流差速液力机械变矩器(其他方案)的运动学简图和各档所接合的操纵元件及变矩系数的计算式

a）三前一后　b）四前一后(高档为降速档)　c）四前一后(高档为直接档)



档位	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	L	传　动　比
前1		+			+	$1+\alpha_2$
2		+		+		$(1+\alpha_2)(1+\alpha_3+\alpha_4)/(1+\alpha_3)(1+\alpha_4)$
3		+	+			$(1+\alpha_2)/(1+\alpha_3)$
后1	+				+	$-\alpha_1$
2	+			+		$-\alpha_1(1+\alpha_3+\alpha_4)/(1+\alpha_3)(1+\alpha_4)$
3	+		+			$-\alpha_1/(1+\alpha_3)$

图24.4-16　汇流差速液力机械变矩器和三前三后行星动力换档变速器的运动学简图和各档所接合的操纵元件及传动比的计算式

在此工况区涡轮与泵轮同向旋转，液力变矩器处于牵引工况区，相对功率 $\overline{N}_T$ 为正(向汇流差速机构输出功率)，并且随着车速的提高，$\overline{N}_T$ 增大。

3　液力机械变矩器的产品型号与规格

3.1　双涡轮液力机械变矩器的产品型号与规格

双涡轮液力机械变矩器的产品型号、技术规格和外形尺寸见表24.4-3。

3.2　外分流液力机械变矩器的产品型号与规格

外分流液力机械变矩器的产品型号、技术规格和外形尺寸见表24.4-4。

3.3　液力机械传动装置的产品型号与规格

液力机械传动装置的产品型号、技术规格和外形尺寸见表24.4-5。

表 24.4-3　双涡轮液力变矩器的技术参数

型　号	有效直径 /mm	转速 /r·min^{-1}	功率 /kW	特性	外形尺寸	匹配动力机	目前应用主机	生　产　厂
F30B	315	2000	80	见图 24.4-18	见图 24.4-17	YC6108G	3.0 吨装载机	天津鼎盛工程机械有限公司
YJSW315-4AL	315	2000	80	见图 24.4-20	见图 24.4-19	YC6108G 6105	3.0 吨装载机	
YJSW315-4AⅡ	315	2000	110	见图 24.4-22	见图 24.4-21	YC6108G 6105,X6100	3.0 或 4.0 吨装载机（也可采用弹性板连接）	
YJSW315-4A	315	2000	80	见图 24.4-24	见图 24.4-23	6105	3.0 吨装载机	山推股份公司液力变矩器厂 天津市琪悦工程机械有限公司
YJSW315-4B	315	2000	80	见图 24.4-24	见图 24.4-25	6105	3.0 吨装载机	山推股份公司液力变矩器厂
YJSW315-4	315	2000	80	见图 24.4-27	见图 24.4-26	6105	3.0 吨装载机	浙江临海机械有限公司
YJSW315-6	315	2200	147	见图 24.4-28	见图 24.4-29	6135K-9a	5.0 或 4.0 吨装载机	
YJSW315-6	315	2200	147	见图 24.4-31	见图 24.4-30	6135K-9a	5.0 或 4.0 吨装载机	福建泉州建德机械厂
YJSW315-6B	315	2200	147	见图 24.4-32	见图 24.4-33	6135K-9a 6121ZG09	5.0 或 4.0 吨装载机	天津鼎盛工程机械有限公司
YJSW315-6C	315	2200	147	见图 24.4-34	见图 24.4-35	6135K-9a 6121ZG09	5.0 或 4.0 吨装载机	山推股份公司液力变矩器厂
YJSW315-6Ⅰ	315	2200	147	见图 24.4-36	见图 24.4-29	6135K-9a 6121ZG09	5.0 或 4.0 吨装载机	浙江绍兴前进齿轮箱有限公司
YJSW315-6Ⅱ	315	2200	147	见图 24.4-37	见图 24.4-29	6135K-9a 6121ZG09	5.0 或 4.0 吨装载机	天津市琪悦工程机械有限公司
YJSW315-6	315	2200	147	见图 24.4-37	见图 24.4-35	6135K-9a 6121ZG09	5.0 或 4.0 吨装载机	山东临沂临工汽车桥箱有限公司 天津市琪悦工程机械有限公司
YJSW310	310	2000	65	见图 24.4-39	见图 24.4-38	4120ST5	2.0 吨装载机	大连液力机械厂
YJSW310	310	2000	80	见图 24.4-40	见图 24.4-38	4125ST5	3.0 吨装载机	
D310	310	2000	80	见图 24.4-41	见图 24.4-38	4120ST5-1 4125ST	2.0 或 3.0 吨装载机	成都工程机械总厂液力分厂
YJHSW315 钣金冲焊型	315	2200	147	见图 24.4-43 $K_0=4.0$ $\eta_{max}=0.8$ $M_{Bg0}=108$	见图 24.4-42	6135	4.0 或 5.0 吨装载机	陕西航天动力高科技股份有限公司

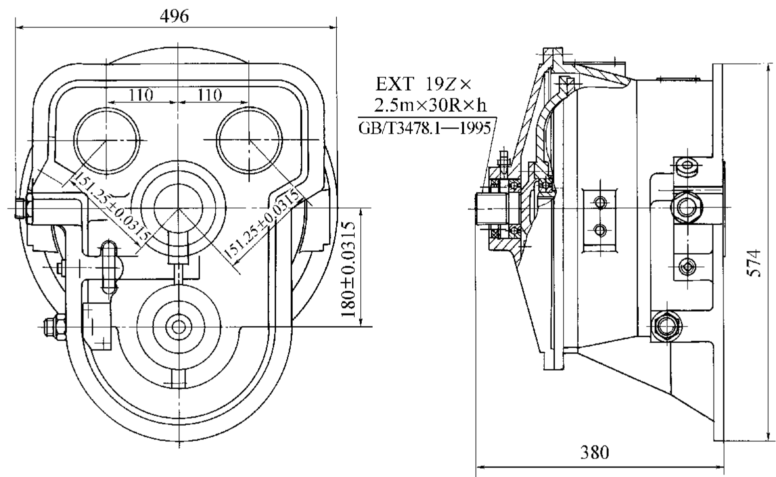
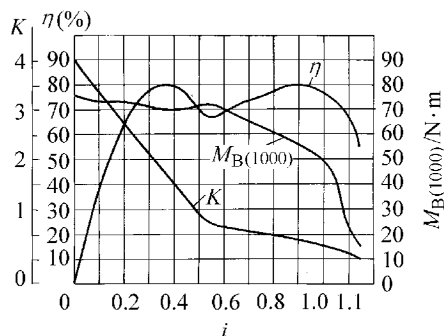


图 24.4-17　30F 双涡轮液力变矩器



试验转速　2000r/min
工作油牌号：6号液力传动油
试验油温：　90～120℃
试验单位：　天津鼎盛工程机械有限公司

i	K	η	$M_{B(1000)}$
0	4. 56	0	75. 2
0. 3	3. 84	0. 384	73. 2
0. 2	3. 2	0. 64	73
0. 27	2. 78	0. 75	71. 8
0. 37	2. 17	0. 803	70
0. 465	1. 61	0. 75	70. 8
0. 525	1. 28	0. 672	72
0. 675	1. 08	0. 729	66. 3
0. 725	1. 03	0. 747	64. 2
0. 885	0. 905	0. 801	57
1. 03	0. 73	0. 75	45. 5
1. 1	0. 62	0. 682	22. 5
1. 15	0. 48	0. 552	14. 6

图 24. 4-18　F30B 双涡轮液力变矩器公称特性

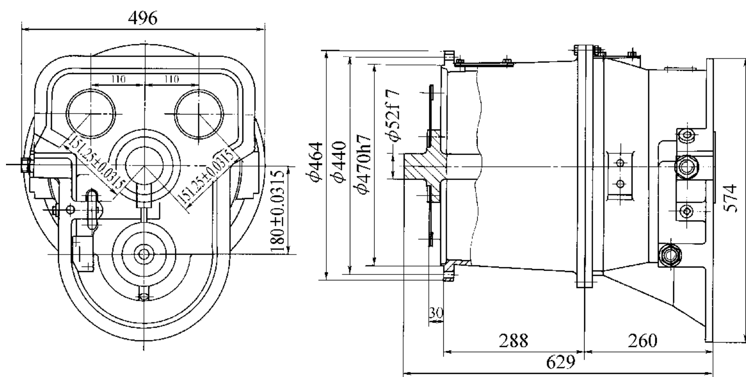
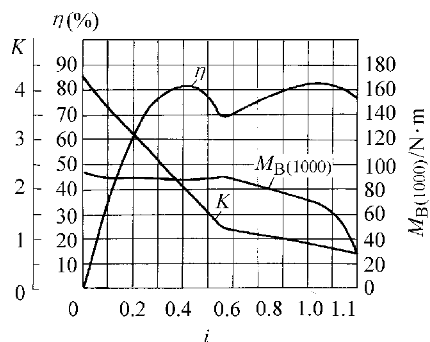


图 24. 4-19　YJSW315-4AL 双涡轮液力变矩器



试验转速　2000r/min
工作油牌号：6号液力传动油
试验油温：　90～120℃
试验单位：　天津鼎盛工程机械有限公司

i	K	η	$M_{B(1000)}$
0	4. 3	0	93. 09
0. 1	3. 632	0. 363	89. 21
0. 2	3. 083	0. 617	89. 5
0. 281	2. 669	0. 75	89. 22
0. 3	2. 565	0. 77	89. 06
0. 4	2. 038	0. 815	87. 97
0. 404	2. 02	0. 816	87. 95
0. 5	1. 547	0. 774	88. 66
0. 521	1. 44	0. 75	89. 10
0. 559	1. 242	0. 694	90. 17
0. 6	1. 171	0. 703	88. 56
0. 692	1. 084	0. 75	84. 13
0. 7	1. 073	0. 751	83. 72
0. 793	1	0. 793	78. 55
0. 8	0. 995	0. 796	78. 13
0. 9	0. 911	0. 82	72. 07
0. 949	0. 37	0. 826	68. 76
1. 0	0. 313	0. 818	62. 17
1. 1	0. 704	0. 774	27. 38

图 24. 4-20　YJSW315-4AL 双涡轮液力变矩器公称特性

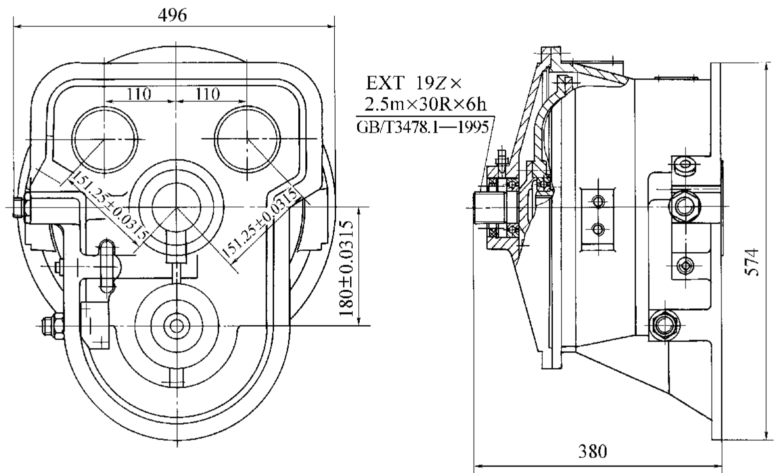
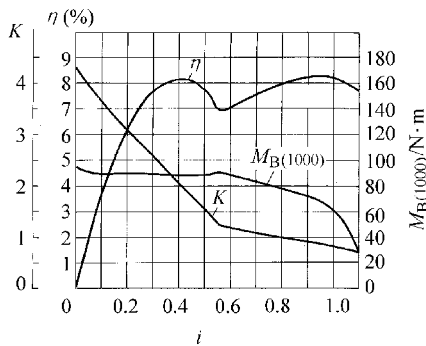


图24.4-21　YJSW315-4AⅡ双涡轮液力变矩器



i	K	η	M_B/N·m
0	4.3	0	93.09
0.1	3.632	0.363	89.21
0.2	3.083	0.617	89.3
0.281	2.669	0.75	89.22
0.3	2.565	0.77	89.06
0.4	2.038	0.815	87.97
0.404	2.02	0.816	87.95
0.5	1.547	0.774	88.66
0.521	1.44	0.75	89.10
0.559	1.242	0.694	90.17
0.6	1.171	0.703	88.56
0.692	1.084	0.75	84.13
0.7	1.073	0.751	83.72
0.793	1	0.793	78.55
0.8	0.995	0.796	78.13
0.9	0.911	0.82	72.07
0.949	0.37	0.826	68.76
1.0	0.313	0.818	62.17
1.1	0.740	0.774	27.38

图24.4-22　YJSW315-4AⅡ双涡轮液力变矩器公称特性

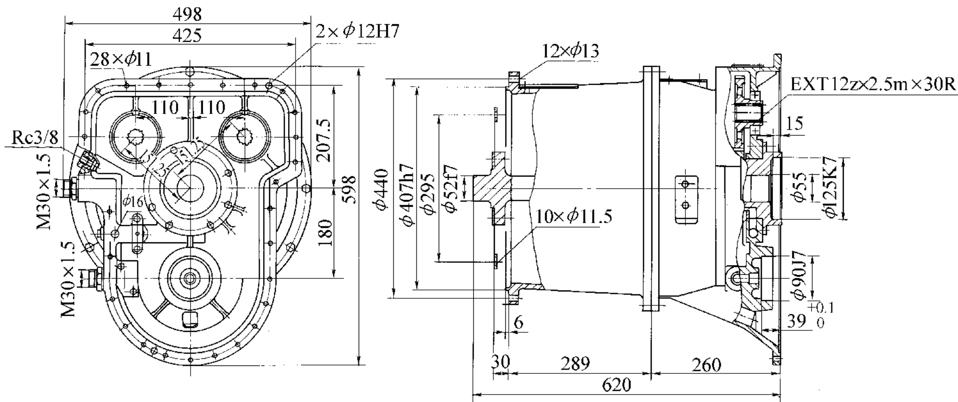
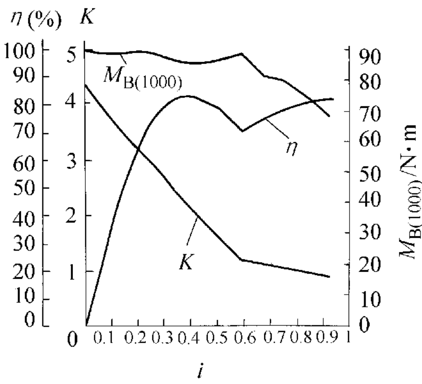


图24.4-23　YJSW315-4A双涡轮液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	4.36	0	89.96
0.1	3.75	37.5	89.04
0.2	3.2	64	89.96
0.255	2.941	74.99	89.35
0.35	2.37	82.95	86.31
0.39	2.15	83.85	86
0.5	1.59	79.5	86.61
0.549	1.366	74.99	88.13
0.59	1.195	70.5	88.74
0.675	1.11	74.93	81.45
0.75	1.047	78.53	79.93
0.85	0.959	81.52	73.85
0.925	0.89	82.33	68.07
1.05	0.749	78.65	43.76
1.1	0.682	75.02	27.35

试验转速： 1500 r/min
工作液牌号： 6号液力传动油
试验油温： 95℃
试验单位： 山推股份公司传动试验室

图 24.4-24 YJSW315-4A 双涡轮液力变矩器公称特性

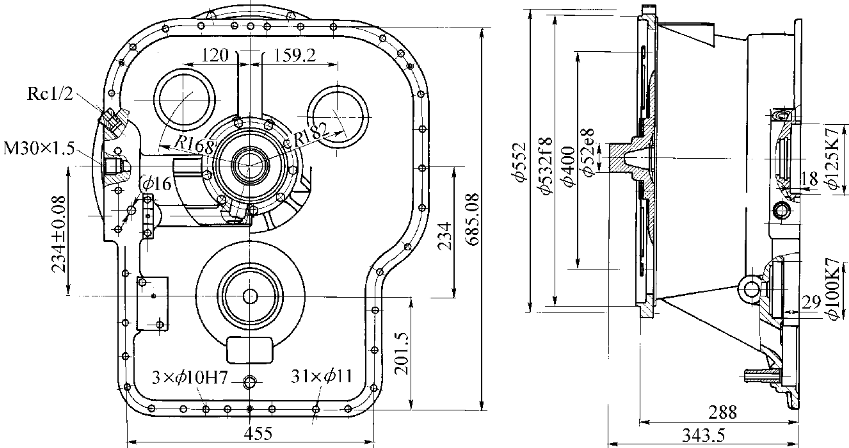


图 24.4-25 YJSW315-4B 双涡轮液力变矩器

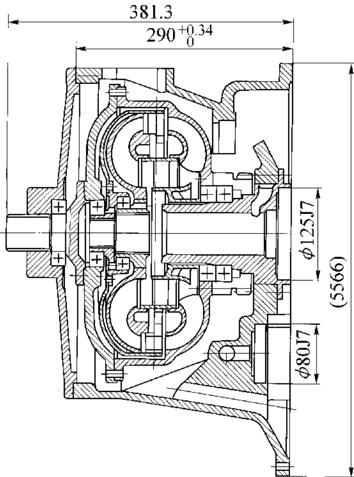
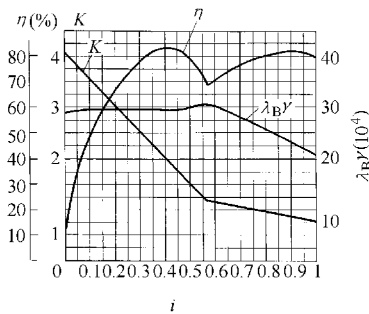


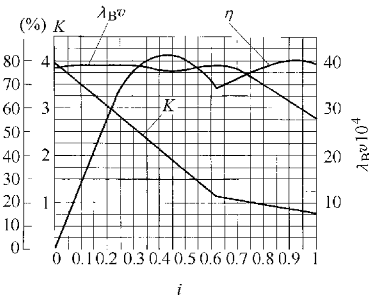
图 24.4-26 YJSW315-4 双涡轮液力变矩器



试验转速/r · min⁻¹	2000
工作油牌号	6 号液力传动油
试验油温/℃	85
试验单位	浙江临海机械有限公司

i	K	η	$M_{B(1000)}$/N · m	$\lambda_B v \cdot 10^4$
0.00	4.11	0.00	88.10	28.98
0.27	2.69	0.72	90.06	29.64
0.40	2.01	0.80	89.08	29.32
0.43	1.89	0.81	89.98	29.29
0.50	1.51	0.76	91.04	29.95
0.55	1.26	0.70	93.00	30.61
0.60	1.14	0.68	92.02	30.28
0.70	1.05	0.74	85.36	28.07
0.80	0.96	0.77	78.20	25.72
0.90	0.87	0.78	70.85	23.31
0.93	0.84	0.78	68.60	22.57
0.98	0.80	0.78	63.21	20.80

图 24.4-27　YJSW315-4 双涡轮液力变矩器公称特性



试验转速/r · min⁻¹	2000
工作油牌号	6 号液力传动油
试验油温/℃	85
试验单位	浙江临海机械有限公司

i	K	η	$M_{B(1000)}$/N · m	$\lambda_B v \cdot 10^4$
0.00	3.95	0.00	116.97	38.48
0.24	2.78	0.66	118.72	39.06
0.34	2.33	0.79	117.51	38.66
0.40	2.05	0.82	115.49	37.96
0.42	1.96	0.83	114.90	17.69
0.45	1.84	0.82	115.25	37.84
0.55	1.39	0.77	114.80	38.50
0.65	1.08	0.70	118.51	39.00
0.75	1.00	0.75	110.43	36.33
0.80	0.96	0.77	105.89	34.84
0.85	0.92	0.79	101.22	33.27
0.90	0.89	0.80	96.85	31.83
0.92	0.88	0.80	94.72	31.13
0.95	0.84	0.80	91.43	30.05
0.99	0.80	0.79	85.18	28.00

图 24.4-28　YJSW315-6 双涡轮液力变矩器公称特性

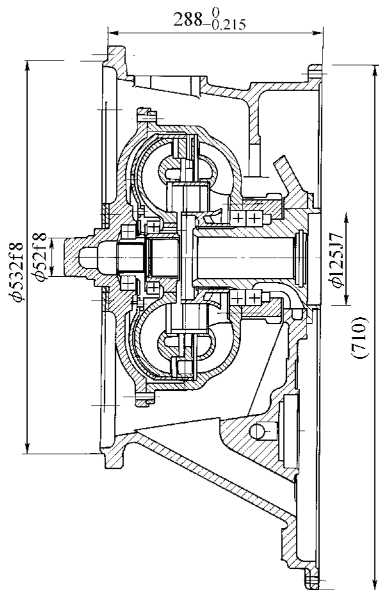


图 24.4-29　YJSW315-6 双涡轮液力变矩器

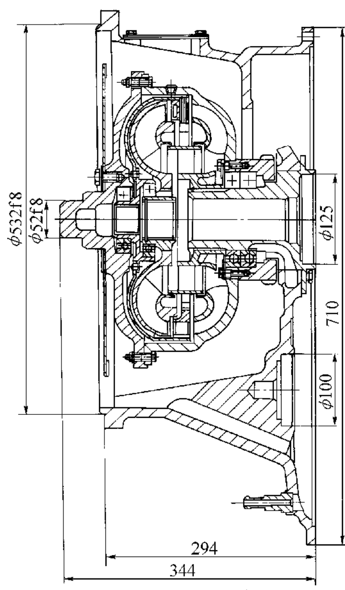
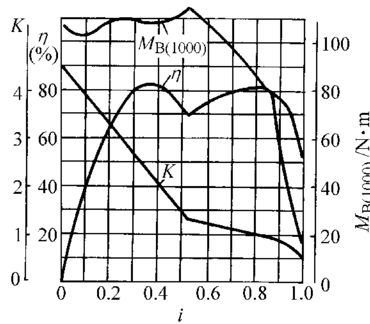


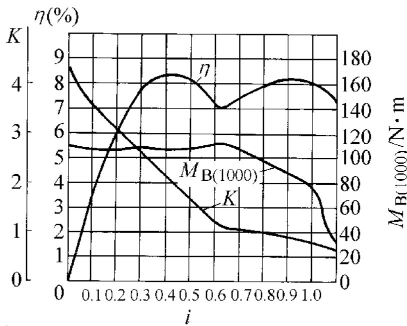
图 24.4-30　YJSW315-6、YJSW-6 双涡轮液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$ /N·m
0	4.51	0	106.8
0.1	3.87	0.387	102.8
0.2	3.30	0.660	108.6
0.3	2.67	0.801	109.2
0.36	2.292	0.825	107.7
0.4	2.038	0.815	108.3
0.5	1.45	0.725	109.8
0.522	1.331	0.695	114.4
0.6	1.236	0.742	107.4
0.7	1.131	0.792	97.7
0.8	1.016	0.813	87.3
0.825	0.988	0.815	84.0
0.85	0.949	0.807	79.7
0.9	0.856	0.770	50.2
0.95	0.718	0.682	28.9
1.0	0.41	0.41	14.6

试验转速/r·min^{-1} 2000
工作油牌号 6号液力传动油
试验油温/℃ 100～120
试验单位 天津工程机械研究院

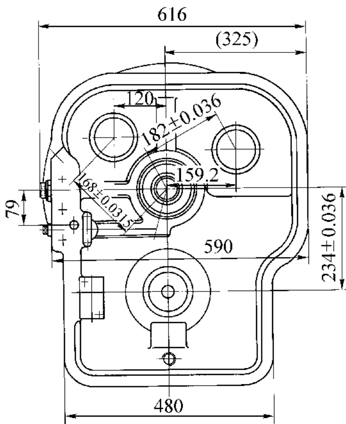
图24.4-31 YJSW315-6双涡轮液力变矩器公称特性



试验转速： 2000r/min
工作油牌号： 6号液力传动油
试验油温： 90～120℃
试验单位： 天津鼎盛工程机械有限公司

i	K	η	M_B/N·m
0	4.304	0	109.54
0.1	3.581	0.358	106.76
0.2	3.074	0.615	106.66
0.276	2.717	0.75	108.37
0.3	2.598	0.779	108.39
0.4	2.087	0.835	106.76
0.425	1.969	0.837	106.41
0.5	1.635	0.818	107.5
0.584	1.284	0.75	110.73
0.6	1.218	0.731	111.23
0.615	1.149	0.707	111.88
0.7	1.068	0.748	105.8
0.703	1.067	0.75	105.58
0.782	1	0.782	99.31
0.8	0.986	0.789	97.81
0.9	0.907	0.816	88.64
0.941	0.871	0.82	84.74
1.0	0.809	0.809	76.8
1.086	0.691	0.75	35.2
1.1	0.664	0.73	31.42

图24.4-32 YJSW315-6B双涡轮液力变矩器公称特性



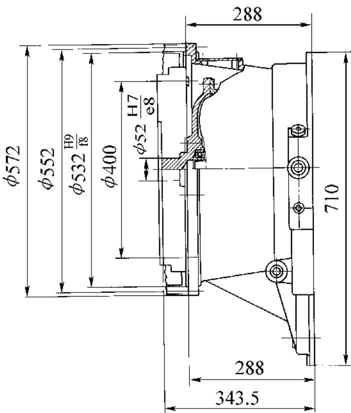
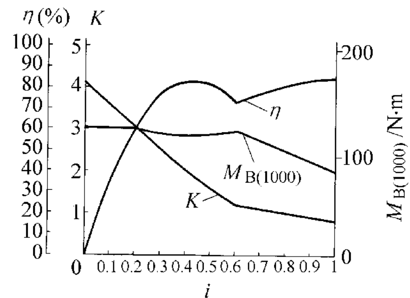


图24.4-33 YJSW315-6B双涡轮液力变矩器



试验转速：2000r/min
工作油牌号：6 号液力传动油
试验油温：95℃
试验单位：山推股份公司传动试验室

i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	4.12	0	122.1
0.1	3.518	35.2	120.6
0.2	3.037	60.81	120.8
0.282	2.66	75.06	115.7
0.3	2.576	77.34	114.2
0.4	2.084	83.31	112.2
0.452	1.845	83.51	112.8
0.5	1.645	82.25	114.3
0.578	1.308	75.02	117.5
0.6	1.216	72.93	118.7
0.658	1.141	75	114.1
0.7	1.104	77.33	109.8
0.8	1.018	81.51	99.6
0.9	0.934	84.1	90
0.99	0.858	84.88	80.6
1	0.849	84.87	79.3
1.05	0.799	83.91	67.6

图 24.4-34　YJSW315-6C 双涡轮液力变矩器公称特性

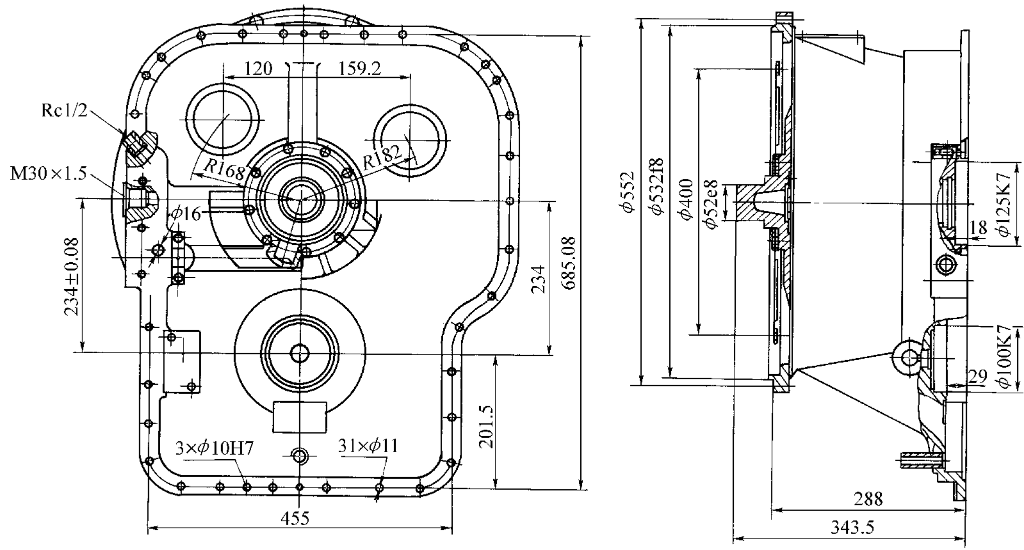
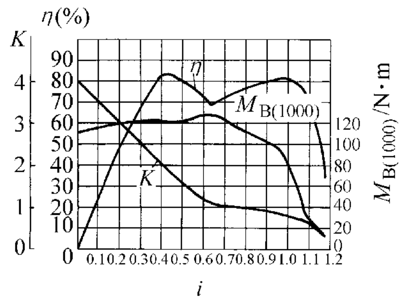


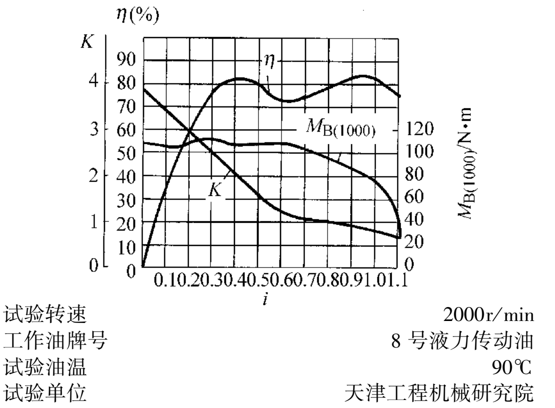
图 24.4-35　YJSW315-6C 双涡轮液力变矩器



试验转速　2000r/min
工作油牌号　6 号液力传动油
试验油温　90℃
试验单位　天津工程机械研究院

i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	4.04	0	111.0
0.38	2.14	0.80	122.7
0.43	1.91	0.82	121.0
0.48	1.71	0.81	122.6
0.56	1.37	0.77	125.9
0.64	1.08	0.69	127.9
0.74	1.01	0.75	119.4
0.84	0.93	0.78	109.3
0.95	0.86	0.81	97.2
0.97	0.84	0.82	93.0
1.08	0.71	0.76	35.7
1.18	0.29	0.34	12.2

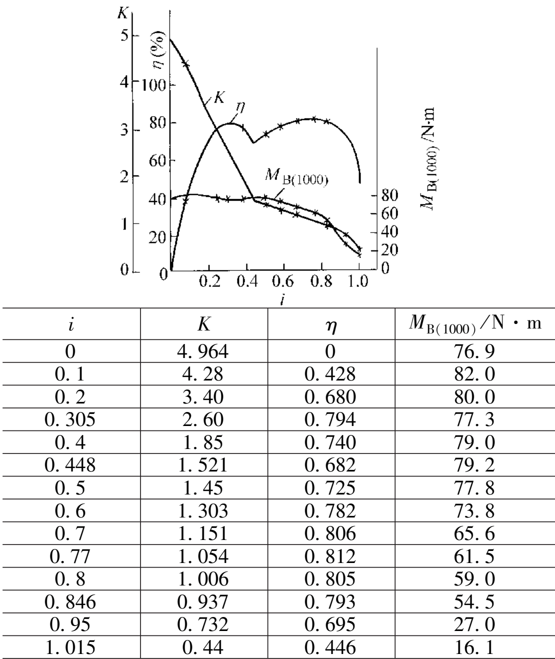
图 24.4-36　YJSW315-6 Ⅰ 双涡轮液力变矩器公称特性



试验转速	2000r/min
工作油牌号	8 号液力传动油
试验油温	90℃
试验单位	天津工程机械研究院

i	K	η	$M_{B(1000)}$/(N·m)
0	3.94	0	107.0
0.15	3.19	0.48	105.2
0.26	2.69	0.69	111.8
0.36	2.25	0.81	108.6
0.41	2.00	0.82	107.2
0.46	1.77	0.82	107.5
0.56	1.34	0.75	108.7
0.66	1.11	0.73	106.2
0.76	1.02	0.78	99.0
0.86	0.95	0.81	91.1
0.91	0.91	0.83	86.4
0.96	0.87	0.84	81.5
1.01	0.82	0.82	75.2
1.11	0.68	0.75	29.6

图 24.4-37 YJSW315-6Ⅱ双涡轮液力变矩器的公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	4.964	0	76.9
0.1	4.28	0.428	82.0
0.2	3.40	0.680	80.0
0.305	2.60	0.794	77.3
0.4	1.85	0.740	79.0
0.448	1.521	0.682	79.2
0.5	1.45	0.725	77.8
0.6	1.303	0.782	73.8
0.7	1.151	0.806	65.6
0.77	1.054	0.812	61.5
0.8	1.006	0.805	59.0
0.846	0.937	0.793	54.5
0.95	0.732	0.695	27.0
1.015	0.44	0.446	16.1

试验转速/r·min^{-1}	2000
工作油牌号	
试验油温/℃	95
试验单位	大连液力机械厂

图 24.4-39 YJSW310(ZL20 用)双涡轮液力变矩器公称特性

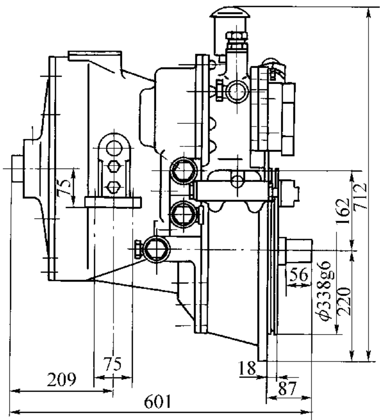
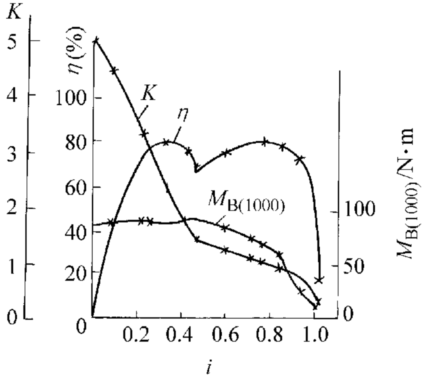


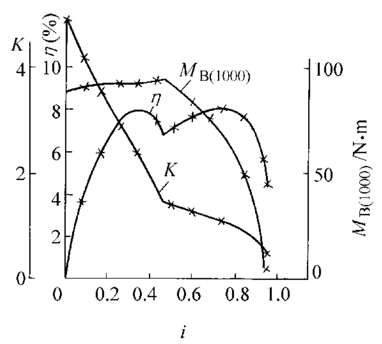
图 24.4-38 YJSW310 双涡轮液力变矩器



i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	5.046	0	85.5
0.1	4.36	0.436	88.0
0.2	3.54	0.708	88.2
0.338	2.387	0.808	87.5
0.4	1.955	0.782	90.0
0.465	1.461	0.680	91.2
0.5	1.40	0.700	89.5
0.6	1.267	0.760	82.0
0.7	1.146	0.802	75.0
0.762	1.046	0.810	69.2
0.8	0.98	0.802	65.0
0.9	0.840	0.756	27.0
0.95	0.737	0.700	21.8
1.015	0.187	0.19	9.8

试验转速/r·min^{-1}	2000
工作油牌号	22 号透平油
试验油温/℃	95
试验单位	大连液力机械厂

图 24.4-40 YJSW310(ZL30 用)双涡轮液力变矩器公称特性



i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	4.905	0	88.3
0.1	4.20	0.420	90.2
0.2	3.32	0.664	91.5
0.3	2.63	0.789	92.0
0.338	2.375	0.803	92.2
0.421	1.782	0.750	94.2
0.47	1.448	0.681	94.7
0.5	1.40	0.700	92.0
0.6	1.275	0.765	92.8
0.74	1.088	0.805	69.7
0.8	0.988	0.790	58.5
0.9	0.744	0.670	27.0
0.952	0.47	0.45	4.9

试验转速/r·min⁻¹　2000
工作油牌号　6 号液力传动油
试验油温/℃
试验单位　天津工程机械研究院

图 24.4-41　D310 双涡轮液力变矩器公称特性

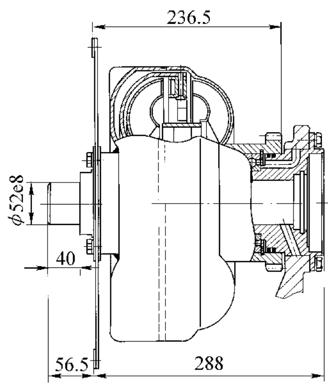
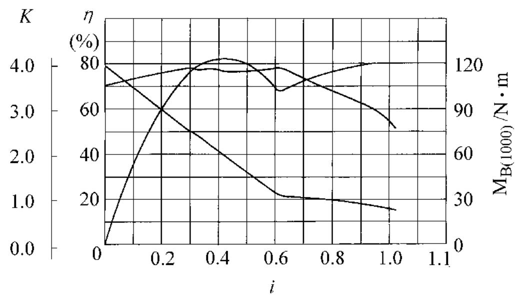


图 24.4-42　YJHSW 双涡轮液力变矩器

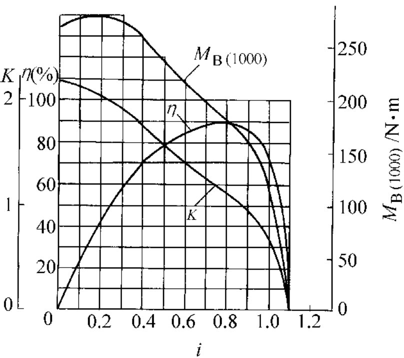


试验转速 /r·min⁻¹　2000
工作油牌号　6号液力传动油
试验油温/℃　85±5
试验单位　陕西航天动力高科技股份有限公司

图 24.4-43　YJHSW315 双涡轮液力变矩器

表 24.4-4　外分流液力机械变矩器的技术参数

型　　号	有效直径/mm	转速/r·min⁻¹	功率/kW	特性	外形尺寸	匹配动力机	目前应用主机	生　产　厂
D6D	392	1900	131	见图 24.4-44	见图 24.4-45	CAT3306	D6D 推土机	成都工程机械总厂液力变矩器厂
D6D	391.17	1900	131	见图 24.4-46	见图 24.4-45	C6121G01/02	D6D 推土机	中船重工第 711 研究所液力变矩器分厂
DTY165	391.17	1900	131	见图 24.4-46	见图 24.4-45	C6121G01/02	TY165 推土机	
D7G	391.17	2100	177	见图 24.4-47	见图 24.4-45	NT855-C280	D7G 推土机	
SD7	391.17	2100	177	见图 24.4-47	见图 24.4-48	NT855-C280	SD7 推土机	
SD8	466.77	1900	265	见图 24.4-50	见图 24.4-49	NTA855-C400	SD8 推土机	



i	*K*	*η*	$M_{B(1000)}$/N·m
0	2.17	0	271
0.1	2.13	0.213	277
0.2	2.04	0.408	278
0.3	1.92	0.576	273
0.4	1.76	0.704	260
0.5	1.58	0.790	238
0.6	1.41	0.846	218
0.7	1.26	0.882	197
0.8	1.11	0.888	180
0.872	1.00	0.872	168
0.9	0.950	0.855	162
0.95	0.850	0.808	144
1.0	0.710	0.710	110
1.1	0	0	7

图 24.4-44　D6D 液力机械变矩器公称特性

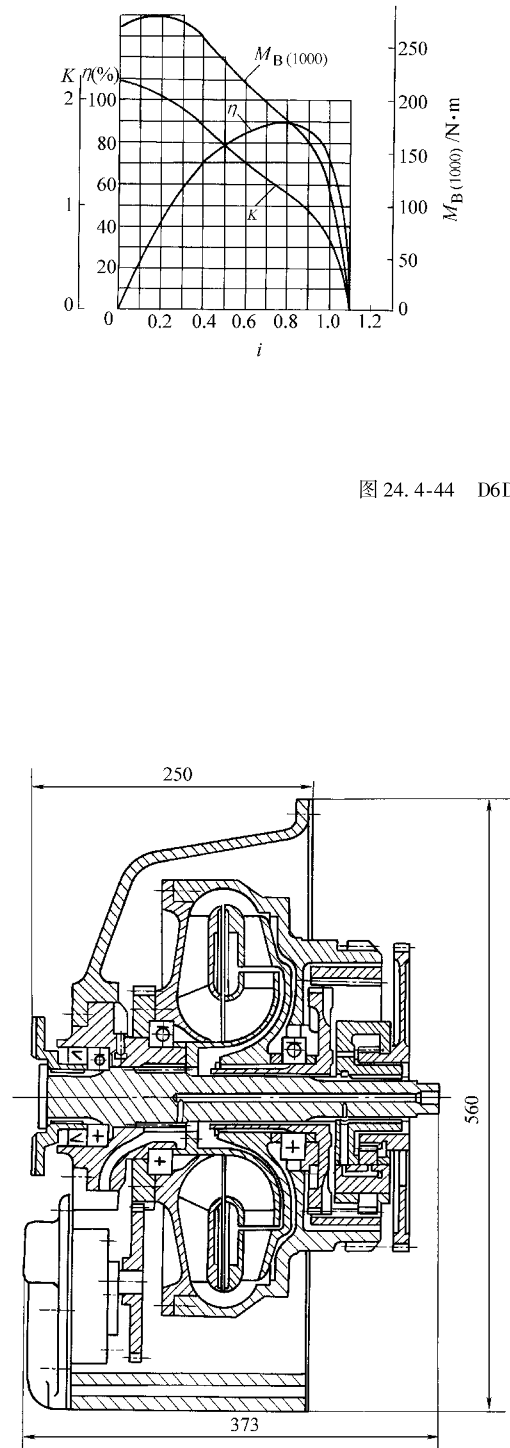
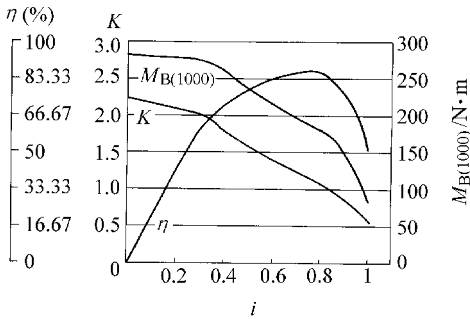


图 24.4-45　D6D、D7G 液力机械变矩器



试验转速 /r·min⁻¹	1900
工作油牌号	8号液力传动油
试验油温 /℃	95
试验单位	江苏省技术监督产品质量检验站

i	*K*	*η*	$M_{B(1000)}$/N·m
0	2.22	0	281
0.3	2.01	0.60	275.1
0.4	1.80	0.72	260.8
0.5	1.59	0.79	237.4
0.6	1.40	0.84	214.6
0.65	1.31	0.85	206.7
0.7	1.23	0.86	196.6
0.75	1.16	0.87	188.4
0.8	1.09	0.87	180.6
0.85	0.98	0.83	171.4
0.9	0.86	0.77	149.5
0.95	0.72	0.68	124.6
1	0.52	0.52	85.7

图 24.4-46　D6D 液力变矩器公称特性

i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0	2.17	0	361.2
0.1	2.13	0.21	368.6
0.2	2.04	0.41	369.5
0.3	1.92	0.58	363.1
0.4	1.76	0.70	345.6
0.5	1.58	0.79	317.6
0.6	1.41	0.85	290.8
0.7	1.26	0.88	261.7
0.8	1.11	0.89	239.6
0.9	0.95	0.86	215.2
1	0.71	0.71	146.6

试验转速/r·min^{-1}　2100

工作油牌号　8 号液力传动油

试验油温/℃　90

试验单位　宣化工程机械集团有限公司

图 24.4-47　D7G、SD7 液力变矩器公称特性

图 24.4-48　SD7 液力机械变矩器

1—差动行星传动机构　2—输出轴　3—涡轮　4—导轮　5—泵轮　6—导轮座　7—壳体　8—溢流阀

图 24.4-49　SD8 液力机械变矩器

1—差动行星传动机构　2—壳体　3—涡轮　4—导轮　5—泵轮　6—导轮座　7—输出轴

i	K	η	$M_{B(1000)}$/N·m
0.00	2.38	0	695.2
0.18	2.09	0.38	668.7
0.24	1.98	0.48	665.0
0.30	1.87	0.55	666.8
0.40	1.70	0.68	649.9
0.50	1.55	0.77	607.2
0.55	1.47	0.81	597.2
0.60	1.38	0.83	588.2
0.65	1.31	0.85	577.2
0.70	1.23	0.86	572.4
0.75	1.17	0.87	545.8
0.80	1.10	0.88	524.8
0.85	1.03	0.87	499.6
0.90	0.93	0.84	450.4
0.96	0.81	0.78	337.9
1.03	0.30	0.31	50.6

试验转速/r·min^{-1}　1900

工作油牌号　8 号液力传动油

试验油温/℃　90

试验单位　北京理工大学

图 24.4-50　SD8 液力变矩器公称特性

表 24.4-5 内分流与外分流液力机械传动装置的技术参数

型号	液力机械变矩器型号	功率/kW	输入转速/r·min^{-1}	外形尺寸	传动比						换档油压/MPa	润滑油压/MPa	应用主机	生产厂
					前1	前2	前3	后1	后2	后3				
ZL30	D310	71	2000	见图24.4-51	2.870	0.861		2.009			1.1~1.4	0.1~0.2	2.0或3.0吨装载机	成都工程机械总厂液力分厂
ZL40/50	YJSW315-6	114/154	2000	见图24.4-52 结构图见图24.4-53	2.155	0.578		1.577			1.1~1.4	0.1~0.2	4.0或5.0吨装载机	杭州前进齿轮箱集团有限公司 四川齿轮厂 厦门鑫悦工程机械桥箱公司
D6D变速器总成	D6D	103	1900	见图24.4-54 螺旋锥齿轮速比17/58	1.501	0.849	0.538	1.240	0.702	0.444	2.6	0.14	D6D推土机	四川齿轮厂
D7G变速器总成	D7G	149	2000	见图24.4-55 螺旋锥齿轮速比16/52	1.804	1.020	0.645	1.490	0.843	0.533	3	0.17	D7G推土机	

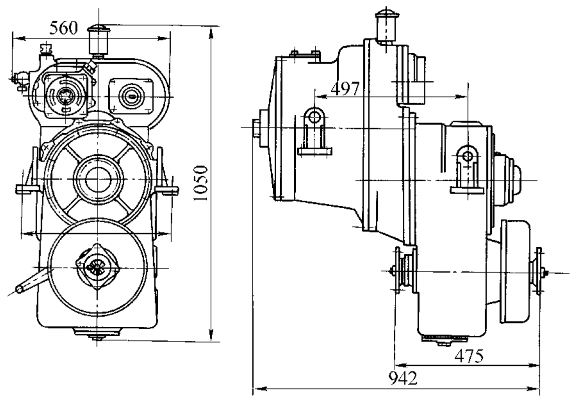


图 24.4-51 ZL30 液力机械传动装置

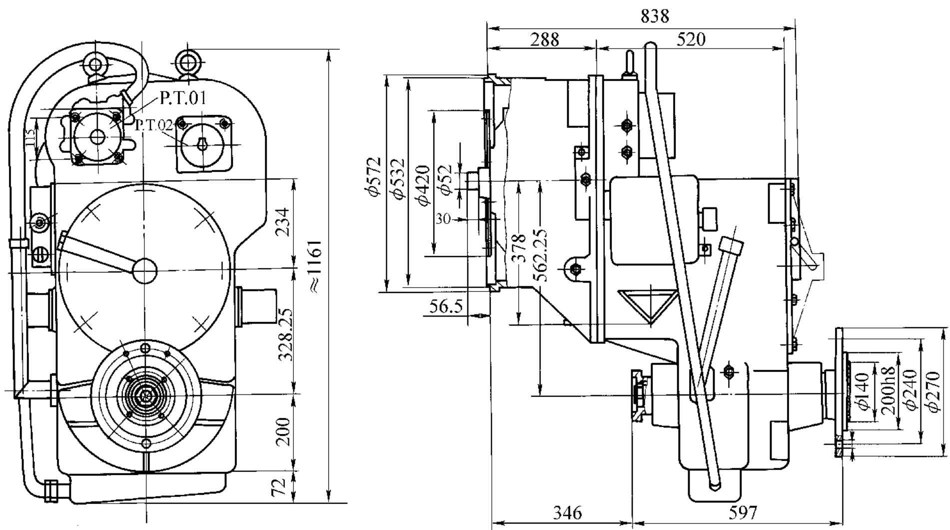


图 24.4-52 ZL40/50 液力机械传动装置

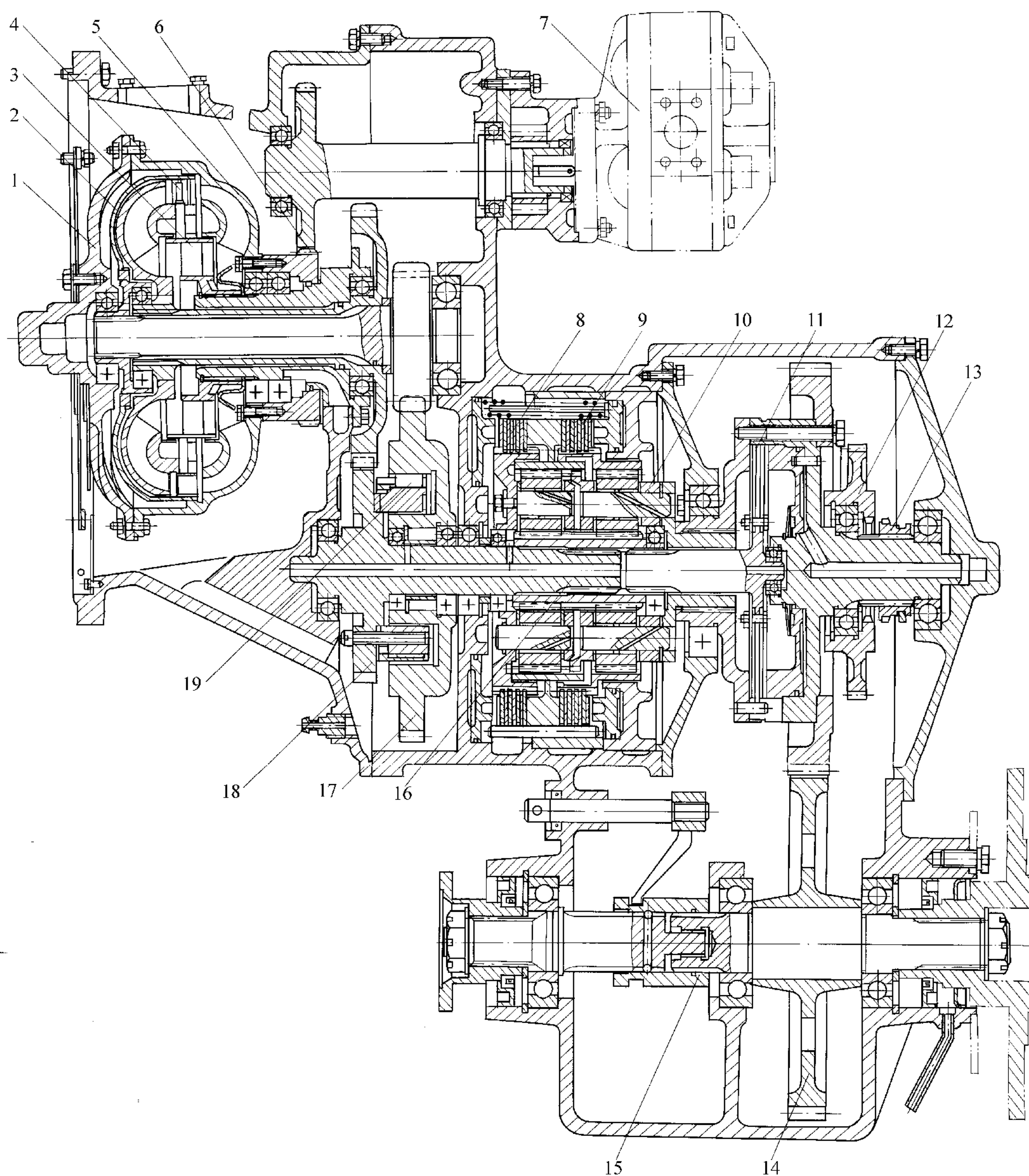


图 24.4-53　ZL40/50 液力机械传动装置结构简图
1—罩轮　2—Ⅱ涡轮　3—导轮　4—Ⅰ涡轮　5—泵轮　6—液压泵驱动齿轮　7—工作液压泵
8—倒挡离合器　9—Ⅰ挡离合器　10—Ⅰ挡行星轮架　11—闭锁离合器　12—齿轮
13—“三合一”机构齿套　14—输出轴齿轮　15—齿套连轴器　16—中间输入轴
17—超越离合器外环齿轮　18—输入轴齿轮　19—超越离合器

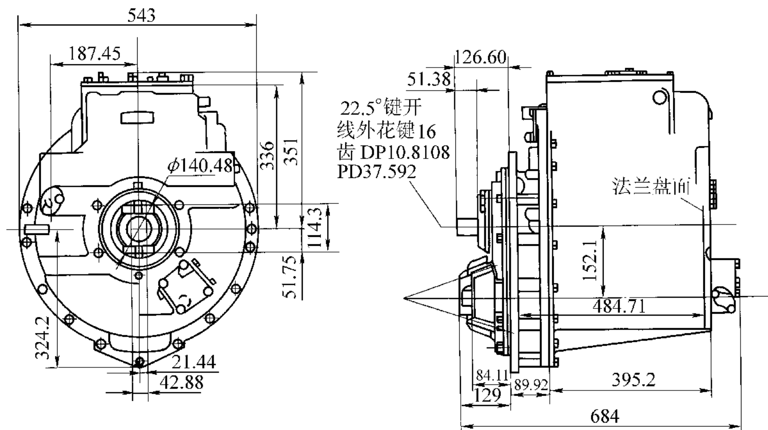


图24.4-54　D6D液力机械传动装置

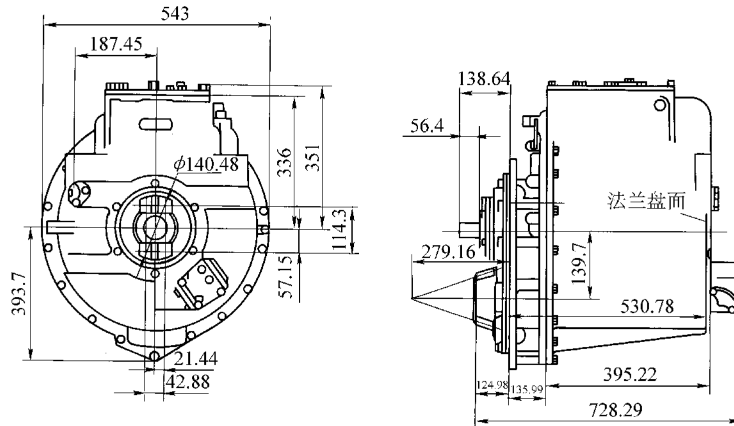


图24.4-55　D7G液力机械传动装置

参 考 文 献

[1] 机械工程手册电机工程手册编辑委员会编．机械工程手册，第6卷、第12卷．北京：机械工业出版社，1982.

[2] 机械工程手册电机工程手册编辑委员会编．机械工程手册补充本(二)．北京：机械工业出版社，1988.

[3] 朱径昌，魏辰官，郑慕桥编．车辆液力传动．北京：国防工业出版社，1982.

[4] 北方交通大学主编．内燃机车液力传动．北京：中国铁道出版社，1980.

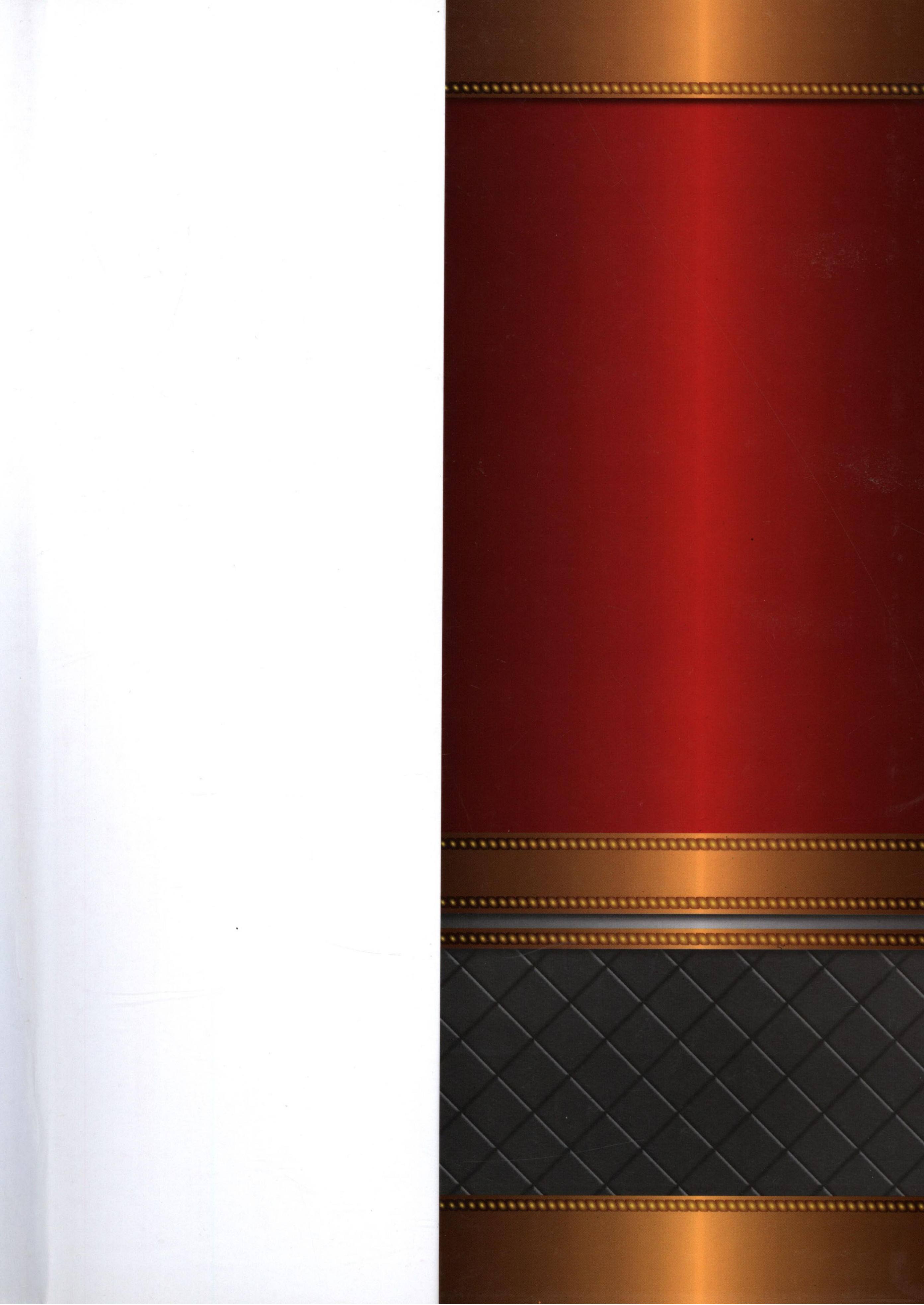
[5] 匡襄编．液力传动．北京：机械工业出版社，1982.

[6] 杨乃乔编．液力偶合器．北京：机械工业出版社，1989.

[7] 日本机械学会编．机械技术手册中册．北京：机械工业出版社，1984.

[8] 西德工程师协会编．西德技术准则传动技术之一．长沙：湖南大学出版社.

[9] Ю.Н. Лаптев，Автотракторные Гидротрансформаторы，МАШГИЗ，1973.



引领机械设计创新理念　突出机械工程应用特点

设计高品质的机械产品　成就现代机械设计大师

权　威

国内机械工业知名学者和机械设计专家研究并执笔撰写，保证了本版手册的高水平和权威性。

全面反映国内外机械设计的最新成果，所涉及的设计方法与国际接轨，反映国内外设计的先进水平。技术数据、产品数据准确可靠。

系　统

涵盖了常规设计、机电一体化设计、机械控制技术和现代设计方法的全部内容。从设计理念、设计方法、常用数据到产品，系统地凝炼总结了机械设计各专业的技术内容，将新思维、新方法和设计实践融会贯通到机械设计的全过程中。

先　进

提供了当今国际、国内公认的先进设计理念、设计方法和新材料、新工艺、新结构、新技术、新产品及数据资料，技术前瞻与国际先进设计水平同步。经深入研究和归类编入了成熟和前沿的21种现代设计方法，集现代设计方法之大全。

实　用

为机械工程设计提供了基础资料、常用材料、常规与现代设计方法、常用零部件的类型、规格、尺寸、设计要点、典型结构、主要技术参数、选型原则和设计计算实例。全部采用现行的最新技术标准。实现了信息充分、数据全面、结构多样、产品新颖，并通过合理编排，力求便于查阅、使用方便。

地址：北京市百万庄大街22号　邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203
网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com

封面设计／电脑制作：姚毅

ISBN 978-7-111-29228-9
定价：160.00元

